

ANALISA RUANG BAKAR MODEL ROSIN

Pawito *

RINGKASAN.

Perhitungan dimensi ruang bakar yang didasarkan pada model Rosin menganggap bahwa proses pembakaran terjadi dengan proses ajeg. Model lonjakan Semenov yang mendasarkan keadaan tak ajeg dan model PSR ("Perfect Stirred Reactor") tidak dibahas pada tulisan ini.

Penentuan suhu akhir ruang bakar yang dikaitkan dengan intensitas pembakaran dan dimensi ruang bakar adalah sangat penting mengingat kemungkinan terbentuknya gas SO_3 dan deposit. Terbentuknya gas SO_3 merupakan ukuran yang digunakan untuk meramalkan terjadinya pengkaratan. Terbentuknya gas SO_3 dan terjadinya deposit harus diperhitungkan secara seksama bila bahan bakar yang digunakan dari kelas rendah.

NOTASI :

A	:	Luas permukaan
B	:	Panas pembakaran
c_p	:	Panas jenis
E	:	Faktor kelebihan udara
F	:	Laju pembakaran bahan bakar
K	:	Konstanta pembakaran
NHI	:	Laju panas total masuk
P	:	Tekanan
Q_E	:	Laju panas yang keluar bersama gas
Q_T	:	Laju panas yang diterima dinding
T_f	:	Temperatur nyala
T_E	:	Temperatur keluar gas asap/nyala ruang bakar
T_o	:	Temperatur kamar
T_t	:	Temperatur adiabatik
V_a	:	Laju aliran volume udara pada T_o
V_{af}	:	Laju aliran volume udara pada T_f
V_G	:	Laju aliran volume gas
V_C	:	Volume ruang bakar
W_a	:	Pemakaian udara persatuan berat bahan bakar
d	:	Diameter jalan minyak
n	:	Konstanta
α	:	Konstanta
ρ_a	:	Massa jenis udara
τ_b	:	Waktu pembakaran
τ	:	Waktu untuk melintasi ruang bakar

I. PENDAHULUAN

Ruang bakar pembangkit uap adalah suatu ruangan dimana terjadi pelepasan energi bahan bakar dengan reaksi oksigen dan pelepasan sebagian energi panas (radiasi) untuk pembentukan uap.

Intensitas (beban) ruang bakar adalah jumlah energi panas yang dilepaskan di ruang bakar untuk setiap satuan volume dan waktu.

Proses pembakaran direncanakan seluruhnya terjadi di ruang bakar. Oleh karena hal tersebut waktu yang diperlukan oleh proses pembakaran harus lebih kecil bila dibandingkan dengan waktu yang diperlukan udara (gas) untuk melintasi ruang bakar. Hal tersebut sebetulnya sangat tergantung pada jenis bahan bakar, pengabutan/pencampuran dan konstruksi ruang bakar.

Pengambilan energi panas di ruang bakar untuk pembentukan uap (radiasi), waktu pembakaran dan dimensi ruang bakar sangat menentukan suhu akhir gas pada waktu akan keluar ruang bakar. Besarnya suhu akhir tersebut sangat menentukan laju pembentukan asam yang dapat menyebabkan pengkaratan dan timbulnya deposit pada bagian konveksi.

Untuk bahan bakar kelas rendah diusahakan pembakaran terjadi sedekat mungkin dengan pembakaran stokhiometrik (perlu alat-alat pembakaran dan kontrol yang lebih teliti). Semakin meningkatnya kelebihan udara semakin memperbesar kemungkinan terjadinya pembentukan SO_3 yang korosip.

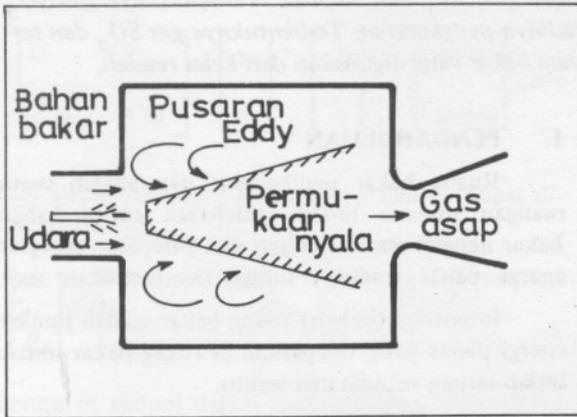
* Laboratorium Tenaga Uap Jurusan Mesin ITB

2. DIMENSI RUANG BAKAR

Analisa ruang bakar bermaksud untuk mencari perubah-perubah yang berkaitan dengan perencanaan ruang bakar yang memadai. Hasil-hasil dari analisa ruang bakar umumnya sangat sulit diterapkan sepenuhnya pada pembuatan ruang bakar sebenarnya. Tetapi walaupun demikian, analisa ruang bakar akan membangun suatu pengertian yang mendasar dan dengan pendekatan-pendekatan seperlunya dapat direncanakan ruang bakar yang optimal.

Persamaan Rosin.

Di dalam analisa klasik model ruang bakar dinyatakan seperti dalam gambar 1. Sedangkan Rosin membuat suatu model seperti yang dijelaskan pada gambar 2. Rosin menganggap bahwa volume bahan bakar dapat diabaikan terhadap udara dan gas panas hasil pembakaran.



Gb. 1. Model Ruang Bakar Klasik



Laju aliran volume pemakaian udara pada suhu T_o .

$$\dot{V}_a = \frac{F W a}{\rho a} \left(1 + \frac{E}{100} \right) \quad (1)$$

Volume gas hasil pembakaran, (pada suhu T_f) dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\dot{V}_{af} = \frac{F W a}{\rho a} \left(1 + \frac{E}{100} \right) \frac{T_f}{T_o} \quad (2)$$

Dalam kenyataannya, tidak ada pembatasan bahwa pembakaran harus dilaksanakan pada tekanan ruang bakar sebesar 1 atmosfer. Untuk tekanan pembakaran yang berbeda, persamaan (2) di atas dapat diubah menjadi :

$$\dot{V}_G = \frac{F W a}{\rho p a} \left(1 + \frac{E}{100} \right) \frac{T_f}{T_o} \text{ m}^3/\text{hr atm} \quad (3)$$

Waktu yang dipergunakan untuk melintasi ruang bakar dimisalkan τ_r , maka volume gas yang masuk dan keluar ruang bakar dinyatakan sebagai berikut (keadaan mantap) :

$$V_C = \dot{V}_g \tau_r \text{ m}^3/\text{atm} \quad (4)$$

Persamaan tersebut di atas dapat digunakan bila pengadukan di dalam ruang bakar berjalan secara sempurna. Jelas bahwa waktu yang diperlukan untuk pembakaran tidak boleh melebihi waktu yang diperlukan oleh campuran udara bahan bakar berada di ruang bakar, atau

$$\tau_b \leq \tau_r$$

Dan kemudian Rosin membuat idialisasi.

$$\tau_b = \tau_r$$

Sehingga persamaan (3) dan (4) menjadi

$$V_C = \frac{F W a}{P \rho a} \left(1 + \frac{E}{100} \right) \frac{T_f}{T_o} \tau_b \quad (5)$$

Intensitas pelepasan panas diberi batasan sebagai berikut :

$$I = \frac{F B}{V_C P} \quad (6)$$

Persamaan (6) di atas mengandung pengertian bahwa volume nyala dianggap sama dengan volume ruang bakar. Dan bila persamaan (5) dimasukkan didapatkan.

Dari persamaan (7) dan (8), untuk τ_b yang tetap terlihat bahwa intensitas pelepas panas akan berkurang bila suhu nyala harganya semakin besar. Dalam kenyataannya τ_b , harganya sebanding terhadap pangkat negatif T_f .

Essenhigh mengusulkan bahwa harga waktu pembakaran sebagai berikut :

$$\tau_b = \frac{1}{\alpha \left(\frac{T_f}{T_o}\right)^n} \quad (9)$$

Yang mana α mempunyai satuan 1/jam. Bila dimasukkan ke persamaan (8) didapat,

$$I = \frac{100 \alpha \left(\frac{T_f}{T_o}\right)^{n-1}}{\left(1 + \frac{E}{100}\right)}$$

Telah diketahui bahwa harga intensitas pelepasan energi panas bertambah bila suhu nyala bertambah besar.

Dan hal tersebut berarti bahwa $n \geq 1$.

Persamaan (9) dapat ditulis,

$$\frac{T_f}{T_o} = \alpha^{-\frac{1}{n}} \tau_b^{-\frac{1}{n}}$$

Dan bila dimasukkan ke persamaan (8) didapat,

$$I = \frac{100 \alpha \frac{1}{n}}{\left(1 + \frac{E}{100}\right) \tau_b^{1 - \frac{1}{n}}} \quad (11)$$

Bila harga E kecil dan $n \sim 100$ (merupakan batas atas), maka :

$$I = \frac{100}{\tau_b} \quad (11.A)$$

Dan bila harga E kecil dan $n \rightarrow 1$ (merupakan batas bawah), diperoleh

$$I \cong 100 \quad (11.B)$$

Untuk minyak menurut M.W Thring, waktu pembakaran dapat dinyatakan

$$\tau_b = E_f K do^2. \quad (12)$$

5 bila $n \rightarrow 1$. Sehingga persamaan (9) menjadi :

$$\alpha = \frac{1}{5 \tau_b} \quad (12.A)$$

Dengan menganggap $E_f = 2$ didapatkan

$$\alpha = \frac{1}{10.K do^2} \quad (12.B)$$

Dengan menggabungkan persamaan (11.A) sampai (12.B). Essenhigh mendapatkan harga-harga sebagai berikut :

$$I \text{ atas} = 3,6 \cdot \frac{10^3}{do^2} \text{ BTU/ft}^3 \text{ hr.}$$

$$I \text{ bawah} = 3,6 \cdot \frac{10^2}{do^2} \text{ BTU/ft}^3 \text{ hr}$$

Dengan mengambil $do = 10^{-2}$ cm, sebagai batas atas, maka

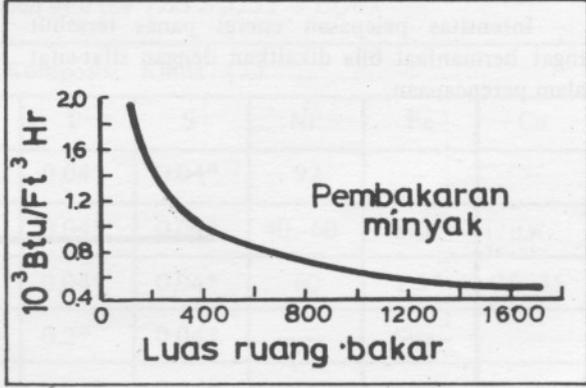
$$I \text{ bawah} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ BTU/ft}^3 \text{ hr}$$

Dalam praktek, keadaan tersebut tidak mungkin. Ruang bakar dengan pembakaran tangensial dan keadaan normal, biasanya I sekitar 10^5 BTU/Ft³ hR.

Bila bahan bakar yang digunakan batubara, Essenhigh mengusulkan,

$$\tau_b = E_{\text{coal}} K_{\text{coal}} do$$

$$do \sim 100 \mu \text{ (batas atas)}$$



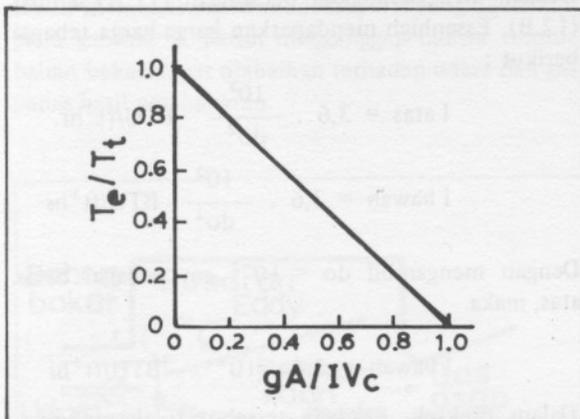
Gambar 3 Luas ruang bakar (ft²) Hubungan Intensitas pelepasan energi dengan luas ruang bakar. Diambil dari rujukan 1, hal B.4.

K_{coal} harganya belum diketahui tetapi diperkirakan 100 sebagai batas atas. Dan demikian juga E_{coal} diperkirakan lebih besar dari pada 1.

Dengan mengambil $n = 1$ dan dianggap $\tau b \approx 2$ detik dari persamaan (9) diperoleh $\alpha \sim 0,1$ seperdetik.

Harga tersebut secara tak langsung menyatakan bahwa intensitas pelepasan energi panas sekitar 10^5 BTU/ft³ hR.

Biasanya ukuran bubuk batubara sekitar 50μ dan waktu pembakaran kurang dari 1 detik. Baik batubara, minyak maupun gas harga intensitas pelepasan energi kira-kira dalam order yang sama.



Gambar 4. Suhu gas keluar vs ukuran ruang bakar dan pembebanan energi panas ($I V_C$) dengan analisa Rosin.
Diambil dari rujukan 1, hal. B.4.

Harga intensitas pelepasan energi panas digambarkan dalam gambar 3, walaupun grafik tersebut untuk pembakaran minyak, tetapi dapat digunakan untuk pembakaran tangensial, dalam rentangan unit 500 M W.

Intensitas pelepasan energi panas tersebut sangat bermanfaat bila dikaitkan dengan sifat-sifat dalam perencanaan.

Dari kekekalan energi.

$$NHI - Q_T = Q_E$$

NHI : Laju energi panas total pembakaran
 Q_T : Laju energi panas yang diterima dinding
 Q_E : Laju energi panas gas yang keluar bersama gas

Persamaan tersebut dinyatakan sebagai berikut :

$$1 - \frac{Q_T}{NHI} = \frac{Q_E}{NHI} = \frac{Q_E / W_G C_P}{NHI / W_G C_P} \equiv \frac{T_E}{T_t}$$

Dengan memasukkan $q = \frac{Q_T}{A}$

$$T_E = T_t \left(1 - \frac{qA}{I V_C} \right)$$

atau

$$\theta = \frac{T_E}{T_t} = \left(1 - \frac{qA}{I V_C} \right)$$

Yang mana T_t adalah suhu adiabatik nyala. Dari persamaan jelas bahwa

$$0 \leq \frac{qA}{I V_C} \leq 1.$$

(lihat gambar 4).

3. KESIMPULAN.

Dengan mendapatkan q dari pengalaman atau perhitungan dan I menurut Rosin, ruang bakar dapat ditentukan ukurannya dengan suhu T_E yang dikehendaki.

4. DAFTAR RUJUKAN.

1. Joseph G. Singer, Combustion-Fossil Power Systems, C.E.Inc, 1981.
2. Horst P. Niepenberg, Oil and Gas Furnace, BABCOCK, Report No. 24.
3. G.F. Morrison, Combustion of Low Grade Coal, I EA Coal Research, 1978.