



DP/BPPI/BISB/140/88

A 301

A. 301

NO: 164 / 5 / BALAI RISET  
DAN STANDARISASI INDUSTRI

PERENCANAAN ALAT PEMBAKARAN DENGAN  
PROSES PENGUAPAN BAHAN BAKAR

DISPERPUSIP JATIM

BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI  
BALAI PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI SURABAYA  
JL. JAGIR WONOKROMO 360 TELP. 816612 SURABAYA

## KATA PENGANTAR

Didalam memproduksi sesuatu barang akan selalu berusaha untuk meningkatkan efisiensi dan salah satunya adalah peningkatan efisiensi penggunaan bahan bakar sebagai sumber enersi.

Pada tahun anggaran 1987/1988 inilah didapatkan dana untuk merencanakan suatu alat pembakaran yang dapat melakukan pembakaran secara ekonomis.

Perencanaan alat pembakaran ini masih terdapat kekurangan-kekurangan namun penyusun masih mengkaji lebih lanjut sehingga diharapkan akan didapat alat pembakaran yang lebih sempurna dan bermanfaat bagi industri yang memerlukan pemasaran langsung.

Surabaya, Maret 1988

Penyusun

R I N G K A S A N

Alat pembakar ini mempunyai bagian-bagian, tangki bahan bakar, pengatur pemasukan bahan bakar (karborator), tangki penguapan dan sekaligus pemanas lanjut, pipa saluran uap lanjut, brander konsumsi serta brander reproduksi.

Prinsip alat pembakaran ini adalah bahan bakar dari tangki masuk ke tangki penguapan untuk merubah bahan bakar cair menjadi uap dan sekaligus dipanaskan lanjut sehingga didapatkan uap lanjut dan uap lanjut ini yang dikonsumsi dan sebagian kecil ( $\pm 5\%$ ) untuk reproduksi.

Dengan adanya pembakaran bahan bakar berupa uap lanjut maka didapatkan proses pembakaran yang sempurna dan dapat menghindarkan terjadinya - jelaga. Terjadinya jelaga akan menghambat proses perpindahan panas (Heat transfer) dan bila terjadi jelaga setebal 1/32 inchi (0,8 mm) maka kerugian bahan bakar 9,5 % dan bila mencapai 1/16 inchi (1,6 mm) kerugian bahan bakar mencapai 26,2 %.

dengan gambaran diatas maka bila di proyeksikan dalam penggunaan bahan bakar minyak untuk industri di Surabaya dan sekitarnya maka akan didapatkan penghematan bahan bakar sebesar Rp. 10 milyar setiap tahunnya.

---

O L E H : S I S M O N O

1 9 8 7 / 1 9 8 8.

## DAFTAR ISI

	Halaman
- RINGKASAN . . . . .	i
- KATA PENGANTAR . . . . .	ii
- DAFTAR ISI . . . . .	iii
B A B. I. P E N D A H U L U A N . . . . .	1
II. TINJAUAN PUSTAKA . . . . .	3
II.1. Alat Pembakaran . . . . .	3
II.2. Kimia Pembakaran . . . . .	8
II.3. Udara lebih . . . . .	9
III. PERENCANAAN	
III.1. Perencanaan Konstruksi ..	11
III.2. Perhitungan Perencanaan . .	13
IV. KESIMPULAN DAN SARAN . . . . .	19
DAFTAR PUSTAKA . . . . .	20

## BAB : I

P E N D A H U L U A N

Akibat resesi yang berkepanjangan dewasa ini banyak menimbulkan masalah diberbagai negara. Hal ini sangat dirasakan terutama oleh negara - negara berkembang utamanya bidang-bidang usaha milik pemerintah maupun swasta. Karena bidang usaha mempunyai pengaruh besar terhadap pertumbuhan perekonomian negara pada umumnya. Bila bidang usaha mengalami banyak hambatan serta sulit mengembangkan dirinya, maka pertumbuhan perekonomian negarapun akan terhambat. Dengan demikian pada prinsipnya meningkat atau menurunnya keadaan perekonomian negara tergantung dari maju atau mundurnya bidang usaha.

Salah satu usaha untuk memecahkan masalah tersebut diatas adalah dengan jalan meningkatkan efisiensi. Hal ini sesuai pula dengan pidato presiden Republik Indonesia dalam nota pengantar Rencana Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara (RAPBN) pada tanggal 7 Januari 1986, menekankan bahwa salah satu cara yang paling baik dalam rangka mengatasi kelesuan / resesi ekonomi dewasa ini adalah meningkatkan efisiensi.

Usaha peningkatan efisiensi dapat dilakukan dari segi pemakaian tenaga kerja, mesin dan peralatan, permodalan, bahan-bahan yang dipakai, termasuk sumber-sumber energi.

Perusahaan/industri pada umumnya menggunakan salah satu dari gas alam, minyak bumi atau batu bara sebagai sumber energi selain menggunakan energi listrik. Dalam pemakaian gas alam paling mudah dan paling sedikit memerlukan penanganan dalam masalah transportasi. Minyak bumi adalah pilihan selanjutnya dan batu bara merupakan pilihan terakhir karena masalah transportasi yang sulit dan biaya alat pembakaran yang relatif tinggi. Harga bahan bakar minyak bumi bertindak sebagai harga pembanding untuk semua bahan bakar serta minyak bumi paling banyak digunakan pada berbagai industri baik berupa minyak solar, minyak residu maupun minyak tanah (kerosin). Pada akhir-akhir ini pihak Pertamina sedang mempromosikan pemakaian bahan bakar gas alam sebagai sumber energi termasuk pemakaian pada kendaraan bermotor, namun hal ini masih dalam penelitian lebih lanjut, sedang industri-industri cenderung memakai minyak bumi karena mudah penanganannya.

Selama ini alat pembakaran yang menggunakan bahan bakar minyak selalu menghasilkan jelaga yang relatif banyak (10 %) hal ini disebabkan pembakaran yang tidak sempurna. Pembakaran yang tidak sempurna akan mengakibatkan kerugian antara lain :

- Adanya jelaga akan menghambat proses pemindahan panas (heat transfer).
- Terjadinya jelaga semakin lama semakin meningkat, sehingga untuk jumlah yang dipanaskan tetap akan memerlukan bahan bakar yang semakin meningkat.
- Sering ditemui jelaga yang terjadi akan menyumbat saluran bahan bakar sehingga suatu saat proses pembakaran akan terhenti. Terhentinya pembakaran akan mengakibatkan kerugian yang cukup besar dan mungkin terjadi ledakan, misalnya pada ketel uap yang menggunakan bahan bakar minyak bumi.
- Dengan terjadinya jelaga, maka diperlukan dana dan daya untuk perawatan yang lebih besar.
- Sering ditemui proses pembakaran dengan alat pembakaran konvensional, selain terjadi jelaga, bahan bakar menetes keluar tanpa terbakar, hal ini mengakibatkan pemborosan pemakaian bahan bakar.

Data-data menunjukkan, industri-industri yang ada di Surabaya dan sekitarnya, antara lain PLTU, industri keramik, industri-industri yang menggunakan ketel uap, belum termasuk industri-industri yang relatif kecil, penggunaan bahan bakar minyak bumi mencapai 272.640 ton setiap tahun. Sedang terjadinya jelaga dan pemborosan lain sekitar 10 % ini dapat ditekan menjadi 3 %, maka jumlah penghematan biaya pemakaian bahan bakar selama satu tahun adalah :

$$272.640.000 \times 7 \% \times 0,87 \times \text{Rp.}200,- = \text{Rp.} 3.320.755.200,-$$

Dari hal-hal tersebut diatas maka diperlukan suatu perencanaan alat pembakaran dan dapat melakukan pembakaran secara sempurna sehingga diharapkan dapat menekan biaya pemakaian bahan bakar sampai 7 % atau lebih. Prinsip kerja alat yang direncanakan adalah minyak masuk ketangkai penguapan bahan bakar dengan diatur oleh alat pengatur (seperti karborator) kemudian minyak diuapkan terus dipanaskan lagi sehingga menjadi uap lanjut dan uap lanjut ini sebagian untuk reproduksi dan sebagian besar dikonsumsi untuk pembakaran, karena minyak yang dibakar dalam bentuk uap dengan suhu sekitar  $600^{\circ}\text{C}$  dan dengan tekanan udara yang cukup maka diharapkan pembakaran sempurna, tidak akan terjadi jelaga apalagi minyak menetes hal ini tidak akan terjadi.

BAB :

T I N J A U A N P U S T A K AII.1 ALAT PEMBAKARAN

Dengan tanpa memperhatikan jenis bahan bakar apa yang dipergunakan, alat pembakaran (burners) harus mampu menjalankan 5 fungsi yaitu :

- a. Memindahkan bahan bakar keruang pembakaran
- b. Memasukkan udara ke ruang pembakaran
- c. Mencampur bahan bakar dengan udara
- d. Menyalahkan dan membakar campuran bahan bakar dengan udara.
- e. Memindahkan hasil-hasil pembakaran

Dalam keadaan menggunakan bahan bakar batu bara atau minyak, pemindahan bahan bakar ke pembakaran memerlukan beberapa persiapan sehingga bahan bakar akan terbakar.

Berdasarkan bahan bakar yang digunakan maka alat pembakaran dibagi - menjadi 3 jenis yaitu :

- a. Alat pembakaran dengan bahan bakar gas
- b. Alat pembakaran dengan bahan bakar minyak bumi
- c. Alat pembakaran dengan bahan bakar batu bara/kayu

Dikarenakan desain ini alat pembakaran akan menggunakan bahan bakar minyak bumi maka hanya akan diuraikan alat pembakaran dengan bahan bakar minyak - saja.

Perbedaan penting antara alat pembakaran dengan bahan bakar gas dengan - alat pembakaran dengan bahan bakar minyak adalah terletak pada penyaluran bahan bakar keruang pembakaran dan persiapan pembakarannya.

Minyak selalu dipompakan untuk masuk ke alat pembakaran dengan pompa mi - nyak dan untuk minyak-minyak berat perlu dipanasi terlebih dahulu sebelum dipompa, hal ini dikarenakan kekentalannya terlalu besar (terlalu kental). Pemanasan awal dimaksudkan untuk mengatur minyak sehingga kekentalannya se - suai dengan yang diharapkan, akhirnya minyak dapat diatomisasi dengan mu - dah dan menaikkan temperatur mendekati titik bakar/nyala.

Dalam industri paling banyak menggunakan alat pembakaran dengan dua tahap untuk membuat gas bahan bakar sehingga bahan bakar dapat terbakar, yaitu :

1. Atomisasi
2. Penguapan.

Atomisasi adalah suatu proses yang membuat minyak menjadi bintik-bintik kecil yang kemudian dikabutkan (dibuat gas) oleh panas ruang bakar. Alat pembakaran dapat di klasifikasikan menurut cara mengatomisasi bahan bakar minyak yaitu :

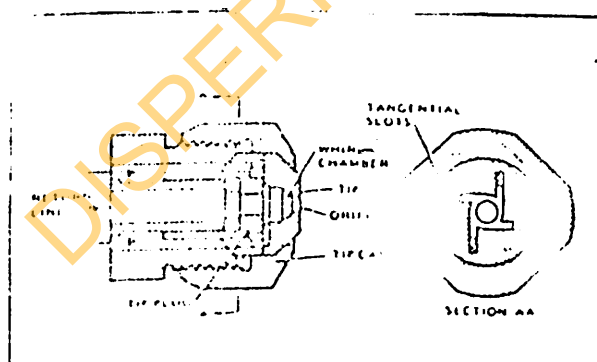
1. Tekanan
2. Uap atau udara bertekanan
3. Putaran (rotary)

Dalam pemasukkan udara pembakaran sering digunakan kipas atau blower. Udara bercampur dengan bintik-bintik kecil minyak dengan cepat setelah minyak diatomisasi. Pencampuran bahan bakar dengan udara terjadi dalam pusaran aliran udara supaya terjadi turbulensi sehingga udara dengan bahan bakar minyak dapat tercampur dengan sempurna dan pembakaran dapat berlangsung cepat dan sempurna.

Tekanan atomisasi alat pembakaran tergantung pada kelengkapan tekanan minyak menjadi kabut yang sempurna.

Ujung otomisasi dari oil gun dimasukkan kedalam tengah pembakar pada burner Throat atau pada pemasukan nyala api keruang bakar, gambar (1) menunjukkan perencanaan tipe ujung otomisasi tekanan.

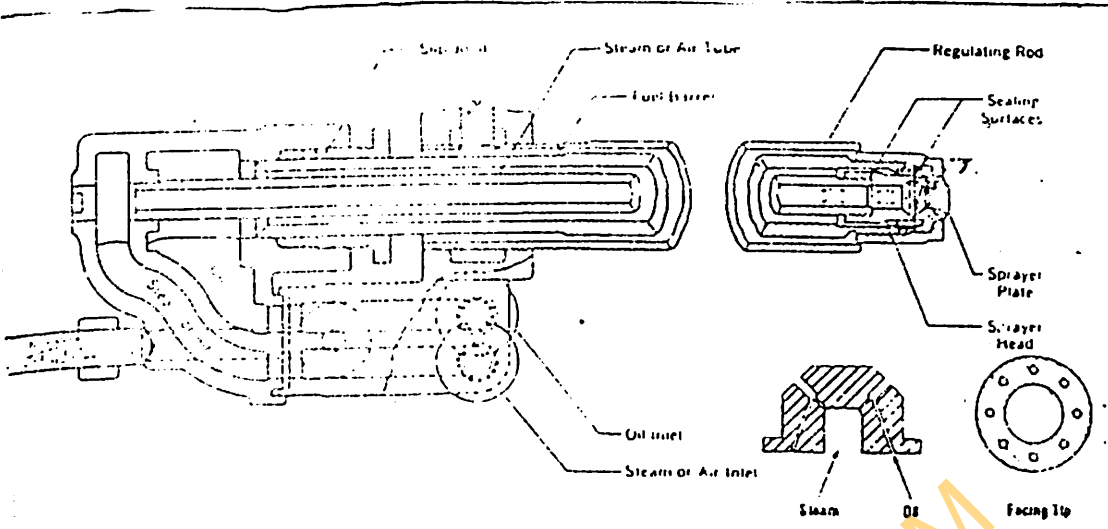
Saluran tangensial mengakibatkan putaran semprotan minyak keluar " TIP ".



Gambar : 1

Ada dua tipe otomisasi udara atau uap pada alat pembakar, yaitu campuran didalam dan campuran diluar. Pada alat pembakaran dengan pencampuran didalam, uap dan minyak dicampur dalam bentuk emulsi dan memancar melalui ujung " TIP ".

Pada alat pembakaran dengan campuran diluar, uap dan udara dimasukkan kedalam aliran minyak secara cepat setelah minyak keluar dari burner "TIP".

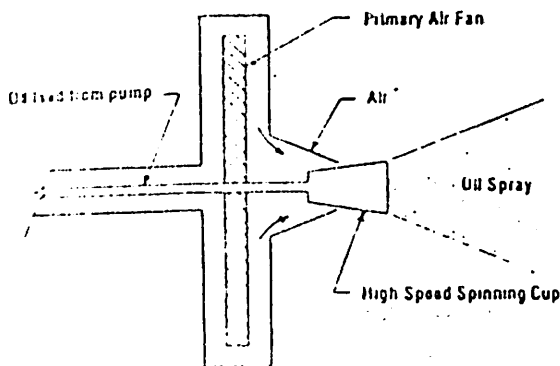


Gambar : 2

Pada alat pembakaran berputar (gambar 3), minyak dimasukkan kesisi dalam pe masukan pada tutup yang berputar dengan kecepatan tinggi.

Udara dari kipas primair membuat kabut minyak dengan baik, yang muncul dari tutup yang menghasilkan semprotan pengabut minyak. Turbolinsi dihasilkan oleh kipas dimana pusran udara primair berlawanan dengan putaran tutup. Kemudian udara secundair dicampur dengan minyak dan udara primair sebagai penyempurna pembakaran. Jika ditemui proses pembakaran tidak mengikuti prosedur operasi yang semestinya, maka diperlukan penambahan udara lebih untuk menjaga timbulnya asap hitam (jelaga) atau kerugian bahan bakar yang tidak terbakar.

Faktor yang penting pada operasi pembakaran minyak adalah pemanasan pendahuluan bahan bakar (jika diperlukan) untuk mengontrol kekentalan minyak, sehingga minyak dapat mengalir dengan baik dan menjaga ujung pembakar bersih, bebas dari carbon sisa pembakaran.



Gambar : 3

Tipe, karakteristik dan pemakaiannya alat pembakaran minyak seperti terlihat pada tabel ( 1 ).

Dari berbagai macam jenis alat pembakaran (burner) dengan bahan bakar minyak yang ada selama ini, pada prinsipnya pengabutan bahan bakar terlebih dahulu baru pembakaran atau pengkabutan bahan bakar kemudian penguapan baru dilakukan pembakaran dan selama ini belum ada alat pembakaran yang mampu menguapkan bahan bakar secara langsung dan uap dipanaskan menjadi uap lanjut, baru kemudian uap lanjut (saturated steam) ini dibakar.

TABEL 1.

TIPE, KARAKTERISTIK DAN PEMAKAIAN ALAT PEMBAKAR MINYAK

Tipe pembakar : Ukuran pemakaian ( pemasukan ) : Tekanan : Kebiasaan dalam pemakaian  
 : Gallon/jam : BTUH<sup>a</sup> : Atomisasi (psi) : Minyak: Udara & Uap

Atomisasi udara tekanan rendah.	0,50 -530	70.000 s/d. 80.000.000	-	1/2-2	Paling berubah-ubah, ruang bakar pemanas udara, ketel dan proses ruang bakar.
Atomisasi udara tekanan tinggi.	10-500	1.400.000 s/d. 10.000.000	-	25-150	Industri besar menggunakan udara tekan dalam prosesnya. terutama dapat disesuaikan untuk mengganti kombinasi pembakaran.
Atomisasi uap	10-500	1.400.000 s/d. 75.000.000	-	25-150	Industri besar menggunakan penggerak uap, terutama ketel pipa air. Dapat disesuaikan mengganti kombinasi pembakar gas minyak.
Atomisasi mekanik tidak bersikulasi ulang.	0,5-80	70.000 s/d. 12.000.000	75-300	-	Ruang bakar pemanas udara domestik ketel dan ruang bakar industri.
Atomisasi mekanik bersikulasi ulang.	25-1200	3.500.000 s/d. 180.000.000	100-1000	-	pembakaran atomisasi paling ekonomis, luas pemakaiannya dari pembakar domestik s/d. ketel ukuran besar, termasuk ketel kapal.

Putaran datar	5- 300	750.000 s/d. 45.000.000	- -	Semua tipe pabrik domestik, industri dan komersial.
Putaran tegak	0,3 - 15	40.000 s/d. 2.000.000	- -	Pembakar industri kecil.

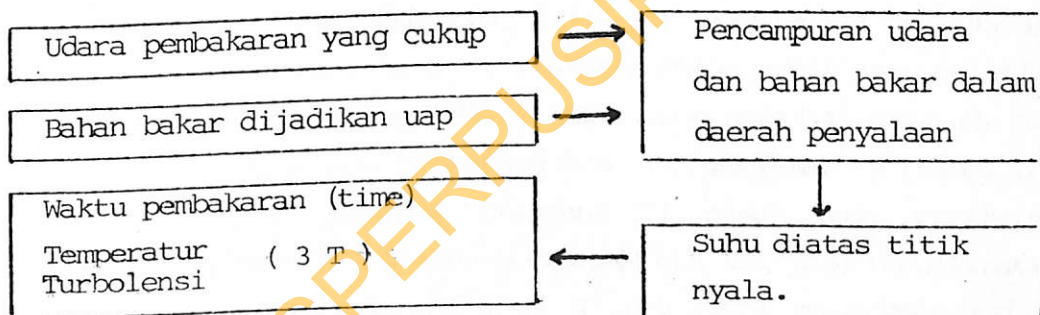
a). " BRITISH THERMAL UNIT PER HOUR " didasarkan pada isi panas 140.000 BTU per galon minyak.

## II. PROSES PEMBAKARAN :

### II.1. Fisika Pembakaran.

Pembakaran adalah kombinasi bahan bakar dengan udara yang menghasilkan kalori dan dibawa oleh gas asap sebagai hasil sampingan.

Pembakaran hanya dapat berlangsung apabila dicapai kondisi sebagai berikut :



Waktu (time), temperatur dan turbolensi dikenal dengan 3T pembakaran. Periode waktu pembakaran yang pendek, temperatur yang tinggi dan nyala sangat turbolen menghasilkan pembakaran yang sangat baik. Kunci pembakaran adalah turbolensi, karena kalau pembakaran turbolen berarti pencampuran bahan bakar dan udara pembakaran dapat sempurna sehingga bahan bakar terbakar secara sempurna pula.

Bila bahan bakar dan udara pembakaran tercampur secara tepat, baik dan semua bahan bakar terbakar semua, maka akan dicapai temperatur yang tinggi dalam waktu pembakaran yang relatif pendek.

Bila pencampuran bahan bakar dengan udara tidak tepat atau tidak sempurna kemungkinan pembakaran juga tidak sempurna, temperatur rendah dan bahan bakar akan lebih lama terbakar sehingga kemungkinan bahan bakar menetes keluar tanpa terbakar.

Turbolensi yang kurang dan waktu pembakaran yang lama akan menghasilkan Nitroos axide (NOX) yang lebih sedikit. Dalam beberapa keadaan waktu pembakaran sengaja diperpanjang dengan maksud akan menghasilkan Nitroos axide (NOX) yang lebih sedikit atau untuk mendapatkan karakteristik pembakaran tertentu sesuai dengan yang diharapkan.

Bahan bakar harus dijadikan uap. Dalam hal gas alam langsung dilakukan pembakaran, sebab bahan bakar langsung jadi uap.

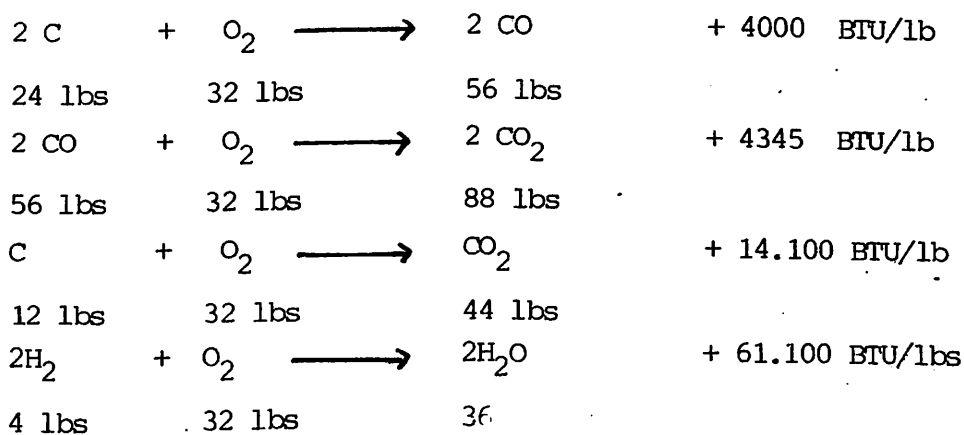
Untuk bahan bakar minyak harus diatomisasi sehingga pada temperatur tertentu langsung jadi uap. Bila bahan bakar batu bara, harus dijadikan bu-bukan sehingga dapat dijadikan uap oleh temperatur ruang bakar atau di-distalasi oleh ruang bakar.

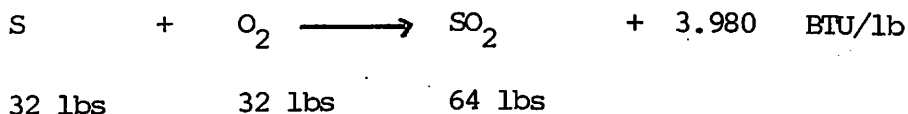
## II.2. KIMIA PEMBAKARAN.

Untuk semua pembakaran, proses kimianya adalah reaksi antara unsur-unsur yang terkandung dalam bahan bakar terutama hydrogen (H) dan carbon (C) dengan oksigen dari udara. Unsur-unsur yang sulit teroksidasi seperti Nitrogen (N), vanadium dan lain-lain akan keluar bersama sisa pembakaran yang lain. Jika proses pembakaran dalam waktu yang relatif cepat serta temperatur pembakaran cukup tinggi, maka sebagian nitrogen dari udara akan teroksidasi menjadi nitroos oxide yang menyebabkan polusi udara.

Beberapa bahan bakar mengandung belerang (S), dimana saat pembakaran juga mengalami oxidasi menjadi belerang dioxide dan ini juga mengakibatkan polusi udara. Bila pendingin gas asap dibawah titik embun belerang dioxide ( $\text{SO}_2$ ) maka akan terbentuklah asam belerang ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) dan asam belerang, ini sangat korosif terhadap alat-alat pembakaran yang dipakai.

Dibawah ini proses/reaksi kimiawi dari unsur-unsur yang terkandung di dalam bahan bakar, baik pembakaran yang tidak sempurna maupun yang sempurna.





Pemakaian udara pembakaran yang tepat akan memberikan oksigen yang cukup sehingga pembakaran carbon dan hydrogen sempurna. Jumlah udara pembakaran yang tepat disebut " udara teoritis ", jadi jika analisa unsur-unsur kimia bahan bakar diketahui, maka udara teoritis yang diperlukan dapat di hitung.

### II.3. UDARA LEBIH.

Dalam praktek sebenarnya sistim pembakaran gas, minyak bumi, batu bara atau yang lain, jangan dilakukan pencampuran bahan bakar dengan udara secara pas merata (hanya udara teoritis), sebab akan mengalami :

- sebagian bahan bakar tidak terbakar, yang berarti pembakaran tidak sempurna.
- aliran bahan bakar dan udara yang keduanya telah dicampur, tidak turbulent, akhirnya proses pembakaran akan lama dan kehilangan panas.

Untuk mendapatkan pembakaran yang sempurna, perlu ditambahkan udara selain udara teoritis, sehingga setiap molekul dan bahan bakar akan dapat dengan mudah menemukan molekul-molekul oksigen yang diperlukan.

Udara yang ditambahkan ini disebut udara lebih (excess air), udara lebih dan udara teoritis disebut udara total.

Apabila pembakaran dilakukan dalam ruang tertutup, maka jumlah oksigen yang ada dalam gas asap dapat digunakan untuk menghitung prosentase udara lebih.

Jumlah udara lebih yang diperlukan tergantung macam bahan bakar, karakter fisik bahan bakar dan persiapannya, perencanaan ruang bakar dan faktor-faktor lainnya. Secara pendekatan jumlah udara lebih yang diperlukan untuk kapasitas penuh adalah sebagai berikut :

Bahan bakar	: % O <sub>2</sub> dalam Gas uap	: % Udara lebih
Gas alam	1,5 s/d. 3	7 s/d. 15
Minyak bumi	0,6 s/d. 3	3 s/d. 15
Batu bara	0,5 s/d. 6,5	25 s/d. 40

Jika oksigen dalam gas asap diketahui atau dapat diukur dan tidak ada tabel atau kurva yang tersedia, rumus empiris kerikut dapat digunakan untuk pendekatan presentase udara lebih.

$$\text{Udara lebih} = K \left( \frac{21}{21 - \% \text{ udara}} - 1 \right)$$

dimana besarnya K adalah :

0,9 = untuk bahan bakar gas

0,94 = untuk bahan bakar minyak

0,97 = untuk bahan bakar batu bara

Dengan melakukan pengukuran dari salah satu carbon dioxide ( $\text{CO}_2$ ) atau oksigen ( $\text{O}_2$ ) dalam gas asap atau keduanya digunakan untuk menghitung prosentase udara lebih, tetapi pengukuran  $\text{O}_2$  lebih sering digunakan dengan alasan sebagai berikut :

1. Oksigen adalah bagian dari udara, jika oksigen adalah nol maka udara lebih adalah nol, adanya oksigen dalam gas menunjukkan adanya udara lebih.

2. Menghitung udara lebih dengan kriteria sama.

Dengan dasar carbon dioxide memerlukan pengukuran yang lebih teliti dari pada dengan dasar carbon dioxide hasilnya kurang memuaskan.

3. Hubungan antara prosentase oksigen dari prosentase udara lebih berubah sedikit sekali, karena adanya perubahan analisa dari komposisi bahan bakar yang digunakan.

## BAB III

P E R E N C A N A A NIII.1. PERENCANAAN KONTRUKSI.

Alat pembakaran dengan sistem penguapan bahan bakar menjadi uap lanjut (saturated steam) ini direncanakan mempunyai konstruksi dengan bagian - bagian sebagai berikut :

1. Tangki, limit kontrol bakar dan pipa saluran bahan bakar.
2. Tangki ruang penguapan
3. Pipa penguapan dan pipa pemanas lanjut
4. Brander pemanas reproduksi
5. Pipa saluran uap lanjut
6. Brander pemanas yang dikonsumsi

Penjelasan :

a. Tangki, kontrol limit dan pipa saluran bahan bakar.

Tangki ini dimaksudkan untuk menampung bahan bakar minyak dan terbuka dibagian atas, sehingga bahan bakar dapat ditambah setiap saat tanpa mengganggu jalannya proses pembakaran, hal inilah salah satu faktor yang menyebabkan alat pembakaran ini dapat berjalan terus menerus tanpa berhenti dalam jangka waktu yang relatif lama.

Bahan tangki terbuat dari baja carbon rendah, dengan ukuran diameter 0,5 meter dan tinggi 0,75 meter.

Pipa saluran bahan bakar adalah tempat mengalirkan bahan bakar dari tangki penguapan, bahan bakar dilewatkan pada kontrol limit dengan maksud untuk mengatur jumlah pemasukkan bahan bakar ke ruang tangki penguapan, sehingga jumlah bahan bakar yang ada didalam tangki penguapan tetap (kecepatan pemasukan sama dengan kecepatan penguapan, sesuai dengan kecepatan penguapan yang dikehendaki).

Pipa saluran bahan bakar, digunakan pipa konstruksi mesin dengan diameter 2 inchi (50 mm). Kontrol limit ini dapat diatur sesuai yang dikehendaki dan dengan prinsip pelampung atau prinsip lainnya yang mungkin dapat dipakai.

b. Tangki/ruang penguapan.

Tangki/ruang penguapan ini berbentuk bulat dengan diameter dalam 0,3 meter, diameter luar 0,375 meter dan tinggi 0,8 meter.

Bahan tangki : dinding dalam dan luar dipakai bahan stainless steel de-

ngan maksud bahwa bahan ini tahan pada temperatur yang relatif tinggi dan waktu yang relatif lama. Antara dinding dalam dan dinding luar - di isi dengan serbuk batu tahan api, sehingga tebal dinding total 35 mm. Dengan ketebalan dinding 35 mm diharapkan plat stainless steel bagian luar tidak panas atau tahan bila diraba dengan telapak tangan, dengan demikian faktor keamanan akan terjamin.

Dasar/alas, tutup dan ujung tangki terbuat dari plat baja dengan ketebalan 8 mm. Dasar/alas dipakai plat baja dimaksudkan untuk memberikan kekuatan pada tangki, sehingga mampu berdiri tegak dengan beban-beban yang ada sedang pada ujung dan tutup dimaksudkan supaya proses penutupan dapat betul-betul rapat (tidak terjadi kebocoran uap).

Penutupan ini memakai 6 (enam) buah baut yang terpasang pada ring di-ujung tangki dan mur diluar penutup tangki.

c. Pipa penguapan dan pemanas lanjut.

Pipa penguapan ini melekat pada tutup tangki ruang penguapan - dan pipa ini dimaksudkan sebagai pengarah api reproduksi sehingga minyak (bahan bakar) yang sudah menjadi uap berada diluar pipa.

Uap yang terjadi dan berada diluar pipa ini akan naik terus masuk ke-pipa pemanas lanjut. Pipa-pipa ini semua terbuat dari stainless steel dengan tebal 3 mm, tinggi pipa pengarah 0,6 m dan tinggi pipa pemanas-lanjut 0,15 m. Uap lanjut yang telah dihasilkan keluar melalui pipa - dengan diameter 2 inchi dan terbuat dari stainless steel. Pipa-pipa - inilah yang akan menyalurkan uap lanjut ke Brander reproduksi dan Bran-der konsumsi. Pipa-pipa ini dibalut dengan benang asbes dengan tujuan untuk menghindarkan/mengurangi kehilangan panas dari uap lanjut ter - but .

d. Brander pemanas reproduksi.

Brander ini berfungsi sebagai pemanas bahan bakar yang ada dida-lam tangki, untuk mengubah bahan bakar cair menjadi uap.

Sedang brander ini sendiri memakai uap yang dihasilkannya, sehingga di-sebut brander pemanas reproduksi. Seperti telah disebutkan diatas bah-wa, uap minyak lanjut ini sebagian dipakai reproduksi dan sebagian la-in di konsumsi. Perbandingan uap yang dipakai untuk reproduksi dan - di konsumsi dapat dilihat pada perhitungan di belakang.

Brander pemanas reproduksi ini terbuat dari stainless steel dengan pengarah pipa dari terbuat stainless steel berbentuk bulat dengan sirip-sirip yang terpasang diluar sebanyak 3 atau 4 sirip.

Maksud dari pemasangan sirip-sirip ini adalah untuk memperluas kontak dengan udara sehingga proses pendinginan brander dapat berjalan dengan baik, selain itu juga dimaksudkan untuk memperluas permukaan sehingga udara pembakaran relatif panas.

Pada permukaan brander ini terbuat dari besi cor dan terpasang lepas tanpa ikatan. Digunakan besi cor dengan maksud bahwa permukaan brander sering rusak, sedang besi cor mudah didapatkan, harganya relatif murah dan mudah mengerjakannya. Sedang pemasangan tanpa ikatan dimaksudkan apabila suatu saat ada gangguan misalnya tekanan udara dari blower menurun sehingga tekanan udara lebih kecil dari tekanan uap yang dihasilkan maka akan terjadi ledakan kecil/terjadinya ledakan ini akan menekan permukaan brander dan menutup saluran uap reproduksi, dengan demikian maka pemanasan reproduksi akan terhenti.

e. Brander pemanas konsumsi.

Pada dasarnya brander ini hampir sama dengan brander pemanas reproduksi, hanya saja brander ini tanpa sirip-sirip dan permukaan brander sama memakai bahan besi cor akan tetapi terpasang kuat diikat dengan baut.

f. Lain - lain.

Komponen-komponen lainnya yang terdapat pada vapofier antara lain pipa-pipa saluran uap dan saluran udara serta pengatur pemasukan udara. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar perencanaan.

III.2. Perhitungan Perencanaan.

Didalam perhitungan ini terdapat tiga bagian enersi yang perlu diperhitungkan yaitu, enersi yang dikonsumsi, enersi yang digunakan untuk reproduksi dan enersi yang hilang akibat radiasi kedinding tangki.

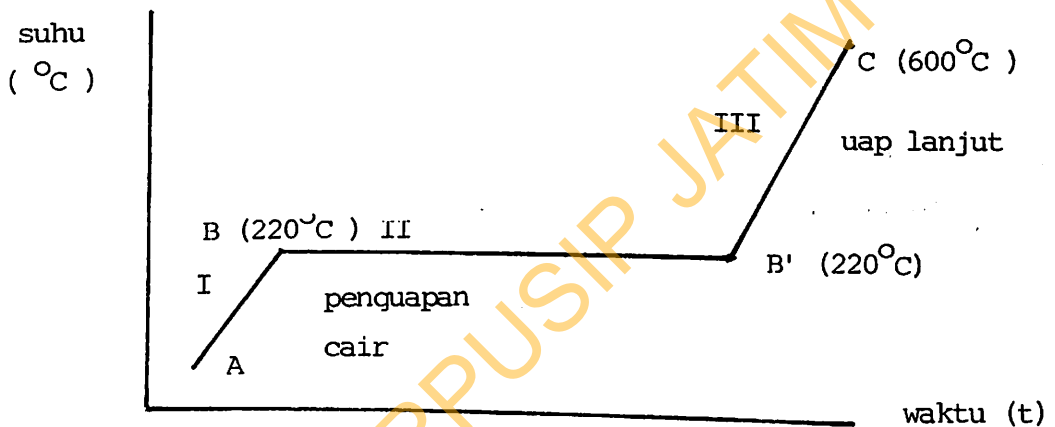
Sebagian dasar perhitungan diasumsikan bahwa kecepatan pemasukan bahan bakar setiap jamnya adalah 1 (satu) liter dengan berat jenis minyak dipakai 0,83. Jadi berat minyak adalah 830 gram, dan kandungan kalori minyak diasumsikan/diambil 18.500 BTU/lb.

Jadi jumlah kalori yang terkandung dalam 830 gram =

$$\frac{830}{454} \times 18.500 \text{ BTU/lb} = \underline{\underline{33.821,59 \text{ BTU/lb}}}$$

### III.2.1. Energi yang dibutuhkan untuk mengubah minyak (cair) menjadi uap lanjut.

Sesuai dengan teori semua zat yang ada di bumi digolongkan menjadi tiga, yaitu tingkat wujud padat, tingkat wujud cair dan tingkat wujud gas. Zat-zat tersebut bila diberi kalori terus menerus akan naik suhunya tetapi hal ini tidak berlangsung terus, sampai suatu saat suhu zat tersebut akan tetap (tidak naik) sedang beberapa saat lagi akan naik lagi. Hal ini terjadi karena pada saat suhunya tetap, terjadi perubahan wujud. Perubahan wujud ini akan lebih jelas lagi sebagai contohnya adalah minyak kerosene dibawah ini.



Proses dari titik A ke titik B.

terjadi kenaikan suhu minyak dari 30°C sampai 220°C dan kalori yang diperlukan adalah  $(Q_1) = M \cdot C_p \cdot t$ .

Proses dari titik B ke titik B'

terjadi perubahan wujud dari cair menjadi uap dan untuk kerosene hal ini terjadi pada suhu 220°C dan selama perubahan wujud ini tidak terjadi kenaikan suhu (tetap 220°C).

Kalori yang dibutuhkan untuk merubah wujud dari cair menjadi wujud gas adalah  $(Q_2) = M \cdot L$

Proses dari titik B' ke titik C.

Uap minyak yang telah terjadi dinaikan suhunya sampai sekitar 600°C.

Kalori yang diperlukan untuk menaikkan suhu uap minyak adalah

$(Q_3) = M \cdot C_p \cdot t$ .

Keterangan.

Q = kalori yang dibutuhkan

M = massa yang digunakan

Cp = kalori jenis

t = kenaikan suhu ( t akhir - t awal )

L = kalori laten

Perhitungan.

Kalori yang dibutuhkan untuk menguapkan minyak dari suhu 30°C (112°F) menjadi uap dengan suhu 600°C (1138°F) adalah :

$$Q = Q1 + Q2 + Q3.$$

$$Q1 = M \cdot Cp \cdot t$$

$$= 1,83 \cdot 0,484 \cdot (454 - 112) \text{ lb} \frac{\text{BTU}}{\text{lb}} \frac{^{\circ}\text{F}}{^{\circ}\text{F}}$$

$$= 302,92 \text{ BTU}$$

$$Q2 = M \cdot L$$

$$= 1,83 \cdot 0,68 \text{ lb} \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$$

$$= 1,2 \text{ BTU}$$

$$Q3 = M \cdot Cp \cdot t$$

$$= 1,83 \cdot 0,928 \cdot (1138 - 454) \text{ lb} \frac{\text{BTU}}{\text{lb}} \frac{^{\circ}\text{F}}{^{\circ}\text{F}}$$

$$= 1142,55 \text{ BTU}$$

$$Q = Q1 + Q2 + Q3$$

$$= 302,92 + 1,2 + 1142,55$$

$$= 1446,67 \text{ BTU}$$

### III.2.2. Energi yang hilang akibat dinding ruang penguapan.

Proses ini merupakan proses perambatan panas dari partikel yang satu ke partikel berikutnya.

- Benda paralel (  $t1 > t2$  )

$$H = K \cdot A \left( \frac{t1 - t2}{L} \right)$$

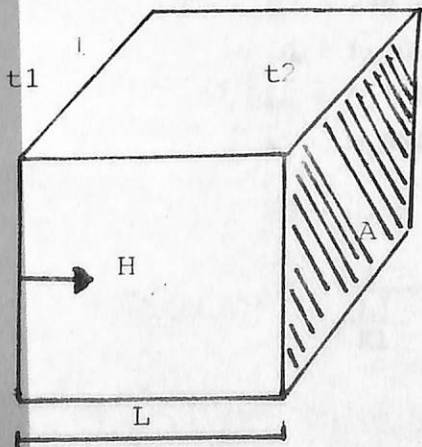
Keterangan.

A = luas permukaan

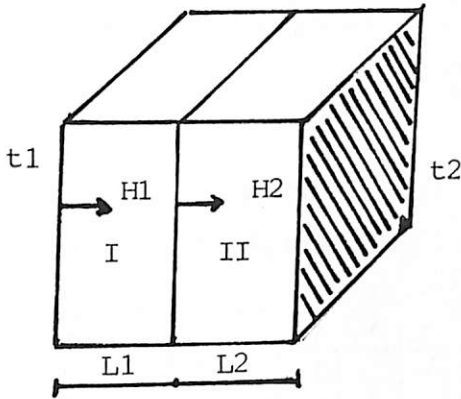
t = beda suhu kedua permukaan

L = tebal dinding

K = konduktivitas panas



- Benda paralel gabungan (  $t_1 > t_2$  )



diasumsikan bahwa tidak ada penimbunan kalori pada perbatasan antara benda I dan benda II, maka secara matematis :

$$H = \frac{A (t_1 - t_2)}{\frac{L_1}{K_1} + \frac{L_2}{K_2}}$$

### Perhitungan

Ukuran tabung penguapan.

- tebal dinding.

stainless steel : 2 mm = 0,00656 ft

batu tahan api : 31 mm = 0,1017 ft

- tinggi tabung : 800 mm = 2,62464 ft

- luas permukaan :  $2 \pi R.t. + \pi O^2/4$

$$= 2,62464 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,49212 + 3,14 \frac{(0,98424)^2}{4}$$

- luas permukaan = 8,8719 ft<sup>2</sup>

- Antara dinding stainless steel dalam dan dinding stainless steel luar diisolasi oleh batu tahan api jenis Fire clay dan jumlah kalori yang keluar dari dinding luar batu tahan api adalah :

$$H = \frac{A (t_1 - t_2)}{\frac{L_1}{K_1} + \frac{L_2}{K_2}}$$

dimana :

$$A = 8,8719 \text{ ft}^2$$

$$t_1 = 454^\circ\text{F}$$

$$t_2 = 248^\circ\text{F}$$

$$L_1 = 0,00656 \text{ ft}$$

$$L_2 = 0,1017 \text{ ft}$$

$$K_1 = 0,0044 \cdot \frac{\text{BTU}}{\text{hr (ft)}}$$

$$K_2 = 0,58 \cdot \frac{\text{BTU}}{\text{hr (ft)}^2 \text{ ft}}$$

$$H_1 = \frac{A (t_1 - t_2)}{\frac{L_1}{K_1} + \frac{L_2}{K_2}}$$

$$= \frac{8.8719 (454 - 248)}{\frac{0,00656}{0,0044} + \frac{0,1017}{0,58}} \frac{\text{ft}^2 \cdot \text{°F}}{\frac{\text{ft}}{\text{BTU}} \text{hr (ft}^2 \text{) (°F/ft)}}$$

$$= 121,15 \text{ BTU/hr}$$

H1 adalah panas dari dinding stainless steel dalam ke batu tahan api, sedang H2 adalah panas dari batu tahan api kedinding stainless steel - luar.

$$H2 = \frac{A (t2 - t3)}{\frac{L1}{K1} + \frac{L2}{K2}}$$

$$= \frac{8,8719 (248 - 176)}{\frac{0,00656}{0,0044} + \frac{0,1017}{0,58}} \frac{\text{ft}^2 \cdot \text{°F}}{\frac{\text{f}}{\text{BTU}} \text{hr (ft}^2 \text{) (°F/ft)}}$$

$$= 42,35 \text{ BTU/hr}$$

$$H = H1 - H2$$

$$= 121,15 + 42,35$$

$$= 163,50 \text{ BTU/hr}$$

### 2.3. Kerugian akibat radiasi.

Kerugian-kerugian akibat radiasi, karena tangki-tangki cukup rata sehingga sebagian besar yang berhubungan langsung dengan udara adalah dinding tangki. Maka kerugian kalori akibat radiasi diasumsikan sebesar

$$\text{Malah kerugian kalori adalah } K = Q + H$$

$$= 1446,67 + 163,50$$

$$= 1610,17 \text{ BT}$$

$$= 1610,17 / 3384,59 \times 100 \% + 1 \%$$

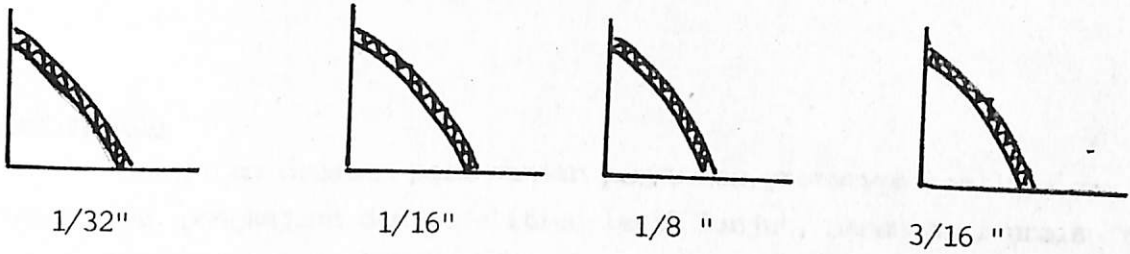
$$= 5,76 \%$$

### 3. Kerugian bahan bakar bila menggunakan alat pembakar konvensional

Alat pembakaran (brander) konvensional dipastikan bahwa selalu terjadi jelaga pada sisi permukaan yang kena api/panas.

Bab I penyusun telah menjelaskan bahwa sekitar 10 % terjadi jelaga. Jelaga akan mengisolasi/menghambat proses perpindahan panas (Heat transfer). Sesuai dengan literatur, maka dibawah ini suatu gambaran yang

menunjukkan bagaimana hubungan antara ketebalan jelaga dengan kerugian bahan bakar.



- Bila ketebalan jelaga mencapai 1/32" (0,79375 mm) maka akan terjadi kerugian bahan bakar sebesar 9,5 %.
- Bila ketebalan jelaga mencapai 1/16" (1,5875 mm) maka akan terjadi kerugian bahan bakar sebesar 26,2 %.
- Bila ketebalan jelaga mencapai 1/8 " (3,175 mm) maka akan terjadi kerugian bahan bakar sebesar 45,3 %
- Bila ketebalan jelaga mencapai 3/16" (4,7625 mm) maka akan terjadi kerugian bahan bakar sebesar 69 %.

Dari data tersebut diatas maka bila diasumsikan bahwa rata-rata jelaga yang terjadi adalah 1/16" (1,5875 mm) maka dengan penggunaan alat vapofier dapat dihemat bahan bakar sebesar 26,2 % - 5,76 % = 20,40 %

Hal ini lebih-lebih dalam ketebalan jelaga lebih dari 1/16" (1,5875 mm). Sebagai tambahan bila alat pembakaran (brander) digunakan untuk memanaskan ketel uap sehingga pada sisi air akan terjadi kerak.

Bila ketebalan kerak mencapai 1/32" (0,79375 mm) maka akan mengalami kerugian bahan bakar sebesar 2 % dan bila ketebalan kerak mencapai 1/16" (1,5875 mm) maka akan mengalami kerugian bahan bakar sebesar 4 %.

#### Perhitungan ekonomis

Dari data yang ada menunjukkan, industri yang ada di Surabaya dan sekitarnya antara lain PLTU, Industri Keramik, Industri-industri yang menggunakan ketel uap sebagai pembangkit, belum termasuk industri-industri yang relatif kecil, penggunaan bahan bakar minyak mencapai 272.640 ton setiap tahun. Jadi jumlah penghematan bahan bakar minyak tiap tahun =  $(272.640 / 0,83) \times \text{Rp. } 160,- \times 20 \% \times 1000 = \text{Rp. } 10.511.421.690,-$  dari perhitungan ini belum lagi ditambah dengan perbedaan biaya peralatan dalam operasionalnya.

## BAB IV

KESIMPULAN DAN SARAN.Kesimpulan.

Sekalipun didalam pelaksanaan pembuatan prototype nantinya masih memerlukan pengkajian dan penelitian lebih lanjut, namun dari uraian tersebut diatas dapat disimpulkan bahwa :

1. Dengan memakai alat yang direncanakan ini diharapkan relatif tidak sampai terjadi jelaga didalam proses pembakarannya, sebab bahan bakar berwujud uap lanjut dengan suhu sekitar  $600^{\circ}\text{C}$ .
2. Dengan tidak terjadinya jelaga maka dapat disimpulkan bahwa akan terjadi penghematan pemakaian bahan bakar sebab pembakarannya sempurna dan proses perpindahan panas (heat transfer) juga sempurna.
3. Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa penghematan bahan bakar adalah sebesar 20,40 %, ini bila di proyeksikan kedalam penggunaan bahan bakar di Surabaya dan sekitarnya, maka dapat dihemat uang sebesar Rp. 10.511.690,- / tahun.

s a r a n.

Dari uraian tersebut diatas, masih ada beberapa kemungkinan kekurangan-kekurangan, namun selama peralatan tersebut dapat digunakan nantinya, maka disarankan untuk menggunakan peralatan tersebut terutama untuk industri-industri yang memerlukan pemanasan api langsung, karena akan menghemat pemakaian bahan bakar sehingga dapat berproduksi dengan efisiensi yang cukup tinggi.

---

DAFTAR PUSTAKA

- DUKELOW, S. G. : IMPROVING BOILER EFFESIENSY  
MC GRAWHILL, NEW YORK, 1982.
- D. Q. KERN : PROCES HEAT TRANSFER  
INTERNATIONAL STUDENT EDITION  
MC GRAWHILL INTERNATIONAL BOOK COG -  
PANY, TOKYO, 1983
- 

DISPERPUSIP JATIM