



A 298

DP/BPPI/BISB/154/89

NO: 178 / 6 / BALAI RISET  
DAN STANDARISASI INDUSTRI

PEMBUATAN PROTOTYPE ALAT PEMBAKARAN  
DENGAN PENGUAPAN BAHAN BAKAR

DISPERPUSIP JATIM

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

98

## KATA PENGANTAR

Didalam memproduksi ( proses produksi ) sesuatu barang akan selalu berusaha untuk meningkatkan efisiensi dan salah satunya adalah peningkatan efisiensi penggunaan bahan bakar sebagai sumber energi.

Pada tahun anggaran 1988/1989 ini diperoleh dana untuk membuat prototipe suatu alat pembakaran yang dapat melakukan pembakaran secara ekonomis, dikerenakan sebelum bahan bakar dibakar diupakan lebih dahulu serta dinaikan suhunya sampai sekitar  $100^{\circ}\text{C}$ .

Pembuatan prototipe ini masih terdapat kekurangan dan ketidak sempurnaan, namun penyusun terus mengupayakan penyempurnaan yang diharapkan akan didapat alat pembakaran seperti yang dimaksudkan dan bermanfaat bagi industri-industri yang memerlukan pemanasan dengan langsung.

Surabaya,        Maret 1989  
                         penyusun

Ir. SISMONO

DAFTAR TABEL

			Hal
T a b e l	1	: Empiris udara lebih . . . . .	9
T a b e l	2	: Tipe, Karakteristik dan Pemakaian alat Pembakaran . . . . .	10
T a b e l	3	: Data hasil Percobaan . . . . .	21
T a b e l	4	: Rangkuman hasil Pembahasan . . . . .	26

DISPERPUSIP JATIM

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 1 : Type Atomisasi tekanan . . . . .	4
Gambar 2 : Type pencampuran diluar . . . . .	5
Gambar 3 : Type berputar . . . . .	5
Gambar 4 : Benda paralel. . . . .	15
Gambar 5 : Benda paralel gabungan . . . . .	16

DISPERPUSIP JATIM

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 baik 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 kondisi 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 dengan pidato Presiden Republik Indonesia dalam nota pengantar Rencana Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara ( RAPBN ) pada tanggal 7 Januari 1986, menekankan bahwa satu cara yang paling baik dalam rangka mengatasi kelesuan/resesi ekonomi dewasa ini adalah dengan meningkatkan efisiensi.

Usaha peningkatan efisiensi dapat dilokalkan 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 mahal/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 pemakaiannya.

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 ini akan

mengakibatkan kerugian antara lain :

- o adanya jelaga yang terjadi akan menghambat proses pemindahan panas ( Heat transfer ).
- o terjadinya jelaga semakin lama semakin meningkat sehingga untuk jumlah yang dipanaskan tetap akan memerlukan bahan bakar yang semakin meningkat.
- o 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.
- o dengan terjadinya jelaga, maka diperlukan dana dan daya untuk perawatan yang lebih besar.
- o sering ditemui proses pembakaran dengan alat pembakaran yang tradisional, selain terjadi jelaga bahan bakar menetes keluar tanpa terbakar, hal ini mengakibatkan pemborosan pemakaian bahan bakar.

Data-data yang ada 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, menggunakan bahan bakar minyak bumi mencapai 272.640 ton setiap tahun. sedang terjadinya jelaga dan pemborosan lain sekitar 10 % ini diharapkan dapat ditekan menjadi 2,5 %, maka jumlah penghematan biaya pemakaian bahan bakar selama satu tahun adalah :

$$272.640.000 \times 7,5 \% \times 0,87 \times \text{Rp. } 200 = \text{Rp. } 3.557.952.000,-$$

Dari hal-hal tersebut diatas maka diperlukan suatu alat pembakaran dan dapat melakukan pembakaran secara sempurna, sehingga diharapkan dapat menekan biaya pemakaian bahan bakar sampai 7,5 % atau lebih. Prinsip kerja alat pembakaran ini adalah, minyak masuk ke tangki 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  $400^{\circ} \text{C}$  dan dengan tekanan udara yang cukup maka diharapkan pembakaran sempurna, tidak akan terjadi jelaga apalagi minyak menetes hal ini tidak akan terjadi.

TI 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 ke ruang pembakaran.
- b. memasukan udara ke ruang pembakaran.
- c. mencampur bahan bakar dengan udara.
- d. menyalakan 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 ruang pembakaran memerlukan beberapa persiapan sehingga bahan bakar dapat terbakar.

Bedasarkan 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.
- c. Alat pembakaran dengan bahan bakar batu bara/kayu.

Dikarenakan pembuatan alat pembakaran ini di desain menggunakan bahan bakar minyak bumi maka hanya akan diuraikan alat pembakaran dengan menggunakan 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 ke ruang pembakaran dan persiapan pembakarannya.

Minyak selalu dipompakan agar dapat masuk ke alat pembakaran dengan pompa minyak dan untuk minyak-minyak berat perlu dipanasi terlebih dahulu sebelum dipompa, hal ini dikarenakan kekentalannya terlalu tinggi ( terlalu kental ).

Pemanasan awal dimaksudkan untuk mengatur minyak sehingga kekentalannya sesuai dengan yang diharapkan, akhirnya minyak dapat diatomisasi dengan mudah 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 dibakar yaitu :

1. Atomisasi
2. Penguapan

Atomisasi adalah suatu proses untuk membuat minyak menjadi bintik-bintik kecil yang kemudian dikalutkan ( dibuat gas ) oleh panas ruang bakar.

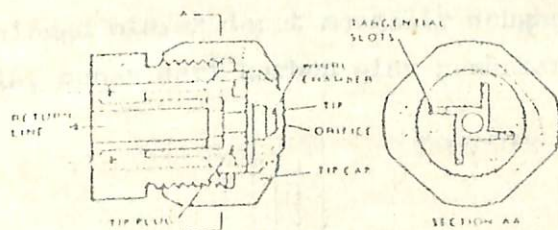
Alat pembakaran dapat diklasifikasikan menurut cara mengatomisasi bahan bakar minyak yaitu :

1. Tekanan .
2. Uap atau udara bertahanan .
3. Putaran ( Rotary ) .

Dalam memasukan udara pembakaran sering digunakan kipas atau Blower, udara bercampur dengan bintik-bintik kecil minyak dengan cepat setelah minyak di atomisasi. Percampuran bahan bakar dengan udara terjadi dalam aliran udara supaya terjadi turbulensi sehingga udara dan 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.

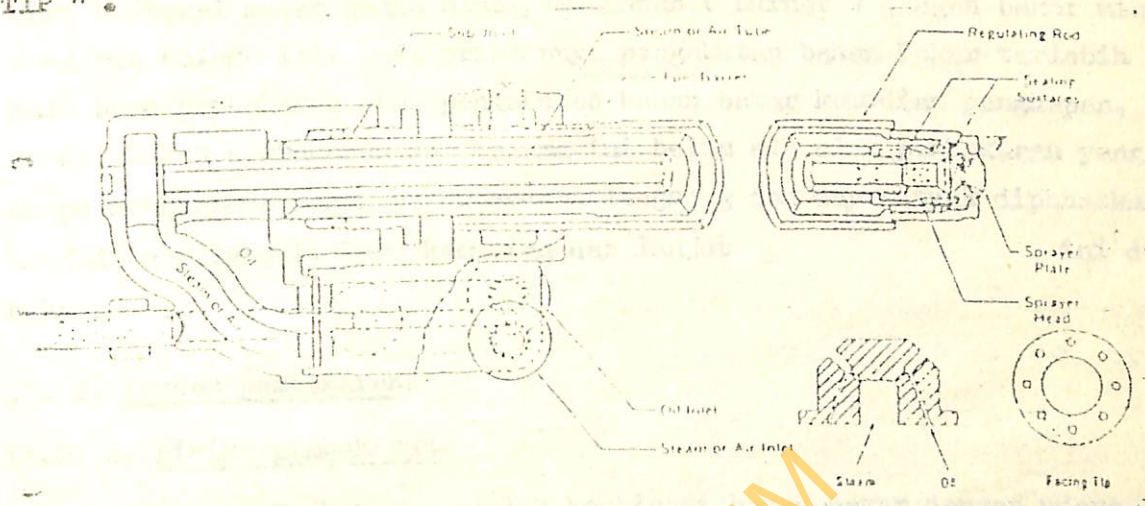
Gambar No. 1, menunjukkan perencanaan tipe ujung atomisasi tekanan dari oil gun dimasukan kedalam tengah pembakar pada burner throat atau pada pemasukan nyala api ke ruang bakar saluran tangensial mengakibatkan putaran semprotan minyak keluar dari "TIP".



Gambar No. 1

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

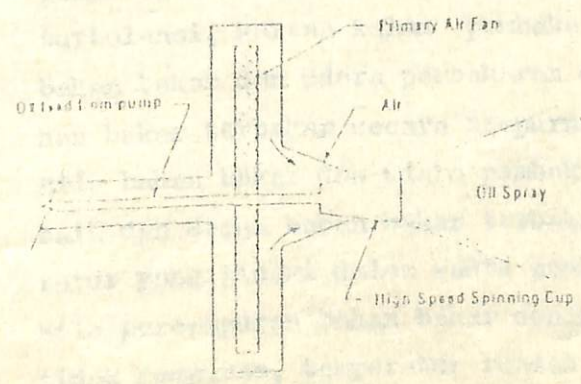
Pada alat pembakaran dengan pencampuran diluar, uap atau udara dimasukkan kedalam aliran minyak secara sepat setelah minyak keluar melalui ujung " TIP " .



Gambar No. 2

Pada alat pembakaran berputar ( Gambar No. 3 ) minyak dimasukkan ke- sisi dalam pemasukan pada tutup yang berputar dengan kecepatan tinggi. Udara dari kipas primair membuat kabut minyak dengan baik, yang muncul da- ri tutup yang menghasilkan semprotan kabut minyak. Turbulensi dihasilkan oleh kipas dimana pusaran udara primair berlawanan dengan putaran tutup, kemudian udara sekunder dicampur dengan minyak dan udara primair sebagai penyempurna pembakaran. Jika ditemui proses pembakaran tidak mengikuti pro- sedur yang semestinya maka diperlukan penambahan udara lebih, untuk menja- ga timbulnya asap hitam ( jelaga ) atau keruglan bahan bakar yang tidak terbakar.

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



Gambar No. 3

Tipe, karakteristik dan pemakaian alat pembakaran minyak seperti terlihat pada tabel No. 1.

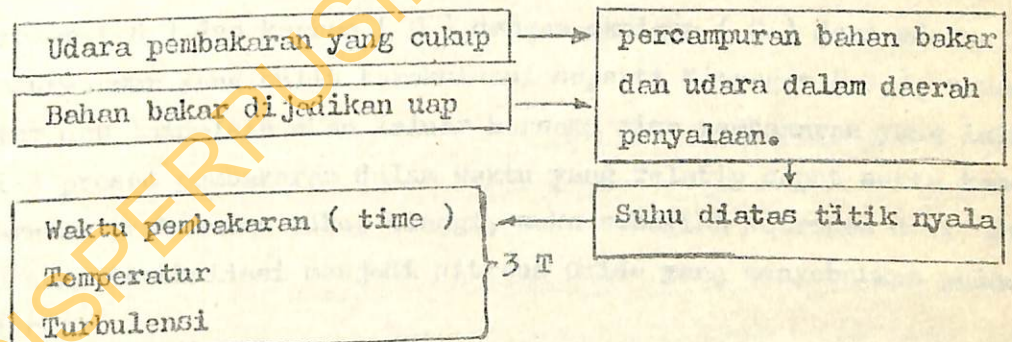
Dari berbagai macam jenis alat pembakaran ( burner ) dengan bakar minyak yang ada selama ini, pada prinsipnya pengabutan bahan bakar terlebih dahulu baru pembakaran atau pengabutan bahan bakar kemudian penguapan, baru dilakukan pembakaran dan selama ini belum ada alat pembakaran yang mampu menguapkan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

## II. 2. Proses pembakaran.

### II.2. 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 turbulensi dikenal dengan 3 T pembakaran. Periode waktu pembakaran yang pendek, temperatur yang tinggi dan nyala sangat turbulensi menghasilkan pembakaran yang sangat baik. Sebagai kunci pembakaran adalah turbulensi, karena kalau pembakaran turbulensi percampuran 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 maka akan dicapai temperatur yang tinggi dalam waktu pembakaran yang relatif pendek. Bila percampuran bahan bakar dengan udara tidak tepat atau tidak sempurna, temperatur rendah dan bahan bakar akan lebih lama terbakar sehingga pembakaran tidak sempurna dan ada

kemungkinan bahan bakar menetes keluar tanpa terbakar. Turbulensi yang kurang dan waktu pembakaran yang lama akan menghasilkan Nitrous oxide ( NOX ) yang lebih sedikit. Dalam beberapa keadaan waktu pembakaran sengaja diperpanjang dengan maksud akan menghasilkan Nitrous Oxide ( NOX ) yang lebih sedikit atau untuk mendapatkan karakteristik pembakaran tertentu sesuai dengan yang diharapkan.

Bahan bakar harus dijadikan uap, dalam hal gas atau langsung dilakukan pembakaran, sebab bahan bakar langsung jadi uap.

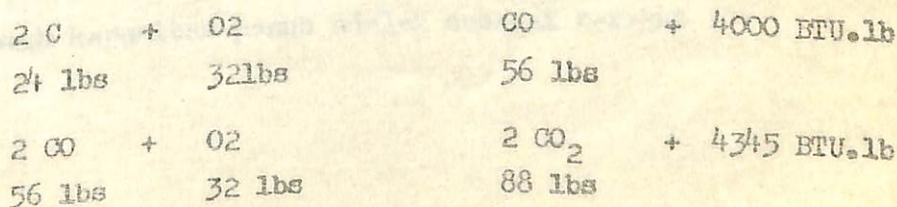
Untuk bahan bakar minyak harus diatomisasi sehingga pada temperatur tertentu langsung jadi uap. Bila bahan bakar batu bara, harus dijadikan bubuk sehingga dapat dijadikan uap oleh temperatur ruang bakar atau didestilasi oleh ruang bakar.

## II.2. 2. Kimia pembakaran.

Untuk semua pembakaran, proses kimianya adalah reaksi antara unsur-unsur yang terkandung dalam bahan bakar terutama hydrogen ( H ) dan karbon ( C ) dengan oksigen ( O ) 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 Nitrous Oxide yang menyebabkan polusi udara.

Beberapa bahan bakar mengandung belerang ( S ), dimana saat pembakaran juga mengalami oksidasi menjadi belerang oksida dan ini juga menyebabkan polusi udara. Bila pendinginan gas asap dibawah titik embun belerang oksida (  $SO_2$  ) maka akan terbentuklah asam belerang (  $H_2SO_4$  ) dan asam belerang ini korosip terhadap alat-alat pembakaran yang dipakai.

Dibawah ini proses/reaksi kimia dari unsur-unsur yang terkandung didalam bahan bakar, baik pembakaran yang tidak sempurna maupun yang sempurna.



C	+	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	+	14.100 BTU/lb
12 lbs		32 lbs	44 lbs		
2 H <sub>2</sub>	+	O <sub>2</sub>	2 H <sub>2</sub> O	+	61.100 BTU/lb
4 lbs		32 lbs	36 lbs		
S	+	O <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	+	3.980 BTU/lb
32 lbs		32 lbs	64 lbs		

Pemakaian udara pembakaran yang tepat akan memberikan oksigen yang cukup, sehingga pembakaran karbon 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 dihitung.

### II. 3. Udara lebih.

Dalam praktek sebenarnya sistem 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 turbolen, akhirnya proses pembakaran akan lama dan kehilangan panas.

Untuk mendapatkan pembakaran yang sempurna, perlu ditambahkan udara selain udara teoritis, sehingga setiap molekul bahan bakar akan dapat dengan mudah menemukan molekul-molekul oksigen yang diperlukan. Udara yang ditambahkan ini disebut udara lebih (excessoir), 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, karakteristik bahan bakar dan persiapannya. Perencanaan ruang bakar dan faktor-faktor lainnya. Secara empiris jumlah udara lebih yang diperlukan untuk kapasitas pemh adalah sebagai berikut :

T a b e l : 1

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

Jika oksigen dalam gas uap diketahui atau dapat diukur dan tidak ada tabel atau curve yang tersedia, rumus empiris berikut dapat digunakan untuk pendekatan prosentase udara lebih.

$$\text{Udara lebih} = K \left( \frac{2l}{2l - \% \text{ udara}} - 1 \right)$$

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 karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dalam gas asap atau keduanya digunakan untuk menghitung prosentase udara lebih, tetapi prosentase dari oksigen lebih sering digunakan dengan alasan sebagai berikut :

1. Oksigen adalah bagian dari udara, jika oksigen nol maka udara lebih adalah nol, adanya oksigen dalam gas menunjukkan adanya udara lebih.
2. Menghitung udara lebih dengan kriteria sama dengan dasar karbon dioksida memerlukan pengukuran yang lebih teliti dari pada dengan dasar oksigen dan 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.

T a b e l : 2

## Tipe, karakteristik dan pemakaian alat pembakaran

Tipe pembakar	Ukuran pemakaian ( pemasukan )		Tekanan Atomisasi ( psig )		Kebiasaan dalam pemakaian
	Gallon / jam	BTUH <sup>a</sup>	Minyak	Udara / uap	
Atomisasi udara tekanan rendah	0,50-530	70.000 s/d 80.000.000	-	½-2	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	-	125-150	Industri besar menggunakan udara tinggi dalam prosesnya, terutama dapat disesuaikan untuk mengganti kombinasi pembakaran.
Atomisasi uap	10 - 500	1.400.000 s/d 75.000.000	-	125-150	Industri besar menggunakan penggerak uap terutama ketel pipa air. Dapat disesuaikan mengganti kombinasi pembakar gas minyak.
Atomisasi mekanik tidak bersirkulasi ulang.	0,5 - 80	70.000 s/d 12	75-300	-	Ruang bakar pemanas udara domestik ketel dan ruang bakar Industri.
Atomisasi mekanik bersirkulasi 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

## II. 4. Konstruksi.

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

1. Tangki 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 masing-masing bagian :

#### 1. Tangki dan pipa saluran bahan bakar.

Tangki ini dimaksudkan untuk menampung bahan bakar minyak dan terbuka diatas, 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 tanki terbuat dari baja carbon rendah, dengan ukuran diameter 50cm dan tinggi 75 cm.

Pipa saluran bahan bakar adalah tempat mengalirkan bahan bakar ke tanki penguapan, bahan bakar dibuatkan pengatur aliran dengan maksud untuk mengatur jumlah pemasukan bahan bakar keruang tanki penguapan, sehingga jumlah bahan bakar yang ada didalam tanki penguapan tetap ( kecepatan pemasukan sama dengan kecepatan penguapan, sesuai dengan kecepatan penguapan yang dikehendaki ).

Pipa saluran bahan bakar, digunakan pipa konstruksi mesin dengan diameter  $\pm$  2 inchi ( 50 mm ).

#### 2. Tangki/ruang penguapan.

Tanki/ ruang penguapan ini berbentuk bulat dengan diameter dalam 0,25 meter, diameter luar 0,30 meter dan tinggi 0,6 meter.

Bahan tanki : dinding dalam dan luar dipakai stainliss steel dengan maksud bahwa bahan ini tahan pada temperatur yang relatif tinggi dalam waktu yang relatif lama. Antara dinding dalam dan dinding luar diisi dengan serbuk batu tahan api, sehingga tebal dinding total 50 mm.

Dengan ketebalan dinding 50 mm diharapkan plat stainliss steel bagian luar tidak panas atau tahan bila diraba dengan telapak tangan, dengan demikian faktor keamanan akan terjamin.

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

Penutupan memakai 6 (enam) buah baut yang terpasang pada ring di ujung tanki dan luar tutup tanki.

### 3. Pipa penguapan dan pemanas lanjut.

Pipa penguapan ini melekat pada tutup tanki ruang penguapan dan pipa ini dimaksudkan sebagai pengarah api reproduksi sehingga minyak (bahan bakar) yang sudah menjadi uap berada diluar pipa-uap yang terjadi berada diluar pipa ini akan naik terus masuk ke pipa pemanas lanjut.

Pipa - pipa ini semua terbuat dari stainless steel dengan tebal  $\pm 1$  mm, tinggi pipa pengarah  $0,4$  meter dan tinggi pemanas lanjut  $0,15$  meter.

Uap lanjut yang telah dihasilkan keluar melalui pipa dengan diameter 1,5 inchi. Pipa-pipa inilah yang akan menyalurkan uap lanjut ke brander reproduksi dan brander konsumsi. Pipa-pipa ini dibalut dengan benang asbes dengan tujuan untuk menghindarkan/ mengurangi kehilangan panas dari uap lanjut yang dihasilkan.

### 4. Brander pemanas reproduksi.

Brander ini berfungsi sebagai pemanas bahan bakar yang ada didalam tanki, untuk mengubah bahan bakar cair menjadi uap; sedang brander ini sendiri memakai uap yang dihasilkannya, sehingga disebut brander pemanas reproduksi. Seperti telah disebut diatas bahwa, uap minyak lanjut ini sebagian dipakai reproduksi dan sebagian lagi dikonsumsi.

Perbandingan uap yang dipakai untuk reproduksi dan dikonsumsi dapat dilihat pada perhitungan dihalaman belakang.

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

Maksud dari pemasangan sirip-sirip ini adalah untuk memperluas kontak dengan udara sehingga proses pendinginan beredar 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, harga 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.

#### 5. Brander pemanasan 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 dilikat dengan baut.

#### 6. Lain - lain

Komponen-komponen lainnya yang terdapat pada alat pembakaran ini antara lain pipa-pipa saluran uap dan saluran udara serta pengatur pemasukan udara, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar perencanaan.

### II. 5. Perhitungan

Didalam perhitungan ini terdapat tiga bagian energi yang perlu diperhitungkan yaitu, energi yang dikonsumsi energi yang digunakan untuk reproduksi serta energi yang hilang akibat radiasi kedinding tangki. Sebagai dasar perhitungan diasumsikan bahwa kecepatan pemanasan 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, jumlah kalori yang terkandung dalam 830 gram.

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

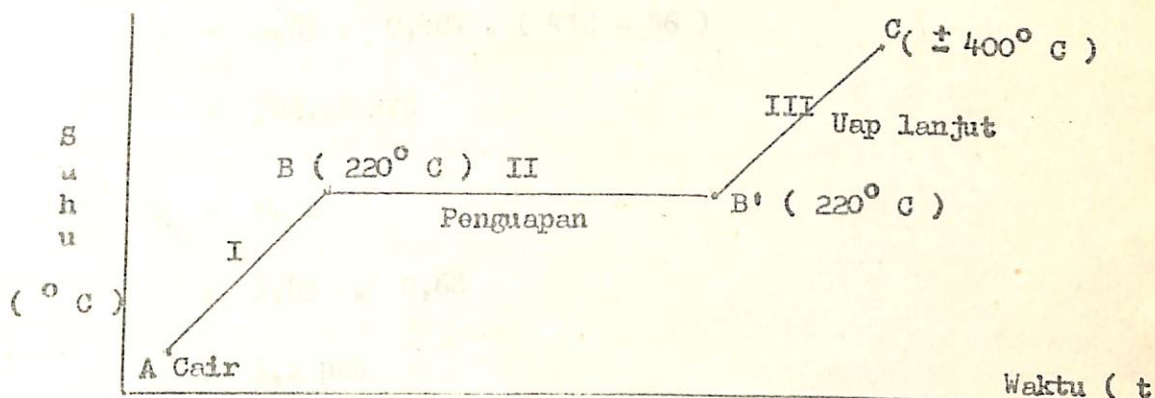
#### II.5. 1. Energi yang dibutuhkan untuk mengubah minyak ( cair ) menjadi uap lanjut

Sesuai dengan teori semua zat yang ada di bumi digolongkan menjadi tiga yaitu ;

- o- Tingkat wujud padat
- o- Tingkat wujud cair
- o- 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 zat lainnya akan naik lagi.

Hal ini terjadi karena pada saat suhunya tetap, terjadi perubahan wujud. perubahan wujud ini akan lebih jelas lagi sebagai contohnya adalah kerosine dibawah ini.



-o- Proses dari titik A ke titik B .

Terjadi kenaikan suhu minyak dari  $30^{\circ}\text{C}$  sampai  $220^{\circ}\text{C}$  dan kalori yang diperlukan adalah :  $Q_1 = M \cdot C_p \cdot \Delta t$  .

-o- Proses dari titik B ke titik B<sup>1</sup> .

Terjadi perubahan wujud dari cair menjadi uap dan untuk kerosine hal ini terjadi pada suhu  $220^{\circ}\text{C}$  dan selama perubahan wujud ini tidak terjadi kenaikan suhu ( tetap )  $220^{\circ}\text{C}$  ). Kalori yang dibutuhkan untuk merubah wujud dari cair menjadi gas adalah :  $Q_2 = M \cdot L$  .

-o- Proses dari titik B<sup>1</sup> ke titik C .

Uap minyak yang telah terjadi dinaikan suhunya sampai sekitar  $400^{\circ}\text{C}$  dan kalori yang diperlukan untuk menaikkan suhu uap minyak adalah :  $Q_3 = M \cdot C_p \cdot \Delta t$

Keterangan :  $Q$  = Kalori yang dibutuhkan

$M$  = Masa yang digunakan

$C_p$  = Kalori jenis

$t$  = Kenaikan suhu (  $t$  akhir -  $t$  awal )

$L$  = Laten kalori

Perhitungan :

A. Reproduksi .

Kalori yang dibutuhkan untuk menguapkan minyak dari  $30^{\circ}\text{C}$  menjadi uap dengan suhu  $400^{\circ}\text{C}$  adalah :

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q_1 = M \cdot C_p \cdot \Delta t$$

$$= 1,83 \cdot 0,484 \cdot (418 - 86)$$

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

$$Q_2 = M \cdot L$$

$$= 1,83 \cdot 0,68$$

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

$$Q_3 = M \cdot C_p \cdot \Delta t$$

$$= 1,83 \cdot 0,928 \cdot (752 - 428)$$

$$= 550,23 \text{ BTU}$$

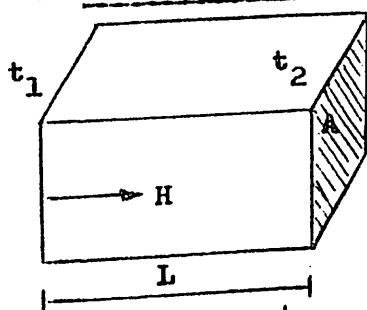
$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 302,92 + 1,2 + 550,23$$

$$= 854,35 \text{ BTU}$$

B. Dinding ruang penguapan .

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

- Benda paralel ( $t_1 > t_2$ ) .



Gambar : 4

$$H = K \cdot A \left( \frac{t_1 - t_2}{L} \right)$$

Keterangan :

A = luas permukaan

t = Benda 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 :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{5,595 (212 - 140)}{\frac{0,00328}{0,0044} + \frac{0,0984}{0,058}} \\
 &= 1432,22 \text{ BTU/hr}
 \end{aligned}$$

$H_1$  adalah panas dari dinding stainless steel dalam kebatu tahan api, sedang  $H_2$  adalah panas dari batu tahan api ke-dinding stainless steel luar.

$$\begin{aligned}
 H_2 &= \frac{A (t_2 - t_3)}{\frac{L_2}{K_2} + \frac{L_3}{K_3}} \\
 &= \frac{5,595 (212 - 140)}{\frac{0,00328}{0,0044} + \frac{0,0984}{0,058}} \\
 &= 164,96 \text{ BTU/hr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H &= H_1 + H_2 = 1432,22 + 164,96 \\
 &= 1597,18 \text{ BTU/hr}
 \end{aligned}$$

C. Radiasi .

Kerugian-kerugian akibat radiasi, karena tangki-tangki cukup rapat sehingga sebagian besar yang berhubungan langsung dengan udara adalah dengan dinding tangki. Maka kerugian kalori akibat radiasi diasumsikan sebesar 1 % .

Jumlah kerugian kalori adalah  $K = Q + H$

$$\begin{aligned}
 K &= 854,35 \text{ BTU} + 1597,18 \text{ BTU} \\
 &= 2451,53
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi kerugian} &= \frac{2451,53}{2921,53} \times 100 \% + 1 \% \\
 &= 8,25 \%
 \end{aligned}$$

P E R C O B A A N

Dikarenakan terbatasnya dana yang ada, namun diusahakan semaksimal mungkin sampai apa yang direncanakan tercapai dan sampai saat ini masih memerlukan beberapa penyempurnaan.

Pada awalnya menemui kesulitan saat pembuatan prototipe alat tersebut yaitu dari segi pengelasan plat stainless steel, menggunakan las listrik dengan ampere yang relatif rendah masih juga terlalu besar sehingga plat rusak, menggunakan las karbit tidak mampu. Akhirnya menggunakan metode pengelasan secara khusus, hal inipun harus diulang-ulang mengingat masih ada kebocoran-kebocoran uap dan memerlukan penyempurnaan.

III. 1. Dasar percobaan .

Sesuai dengan uraian di muka, maka sebagai dasar percobaan ini adalah bagaimana dapat melakukan pembakaran secara sempurna dan ini ditandai dengan nyala api yang berwarna biru dan dapat diatur besar kecilnya api akan tetapi nyala api tetap biru.

III. 2. T u j u a n .

Percobaan yang didasarkan nyala api berwarna biru yang berarti pembakaran sempurna. Tujuan dari percobaan ini adalah berusaha untuk meningkatkan efisiensi pembakaran yang akhirnya dapat menurunkan biaya produksi.

III. 3. Metode percobaan .

Dikarenakan tidak adanya kalorimeter maka dalam percobaan ini memakai dua variabel yaitu waktu dan jumlah /ketebalan jelaga dengan membanding alat pembakaran konvensional.

Urut-urutan percobaan adalah :

1. Mencoba menyalakan alat pembakaran yang dibuat dan yang konvensional.
2. Menyiapkan panci plumunium dan air yang akan dipanaskan.
3. Menyiapkan alat tempat panci yang berisi air yang akan dipanaskan.
4. Mengatur kedua alat pembakaran agar kecepatan pengeluaran bahan bakar sama.
5. Setelah semua peralatan siap maka dilakukan percobaan sebagai berikut :

- a. Nyalakan kedua alat pembakaran yang mempunyai konsumsi bahan bakar sama.
- b. Ambil dua buah panci yang bahannya sama-sama plumunium dengan volume dan bentuk yang sama.
- c. Isi masing-masing panci dengan air sebanyak 10 liter.
- d. Panaskan dua buah panci yang berisi 10 liter masing-masing kealat yang baru dan kealat pembakaran konvensional.
- e. Catat waktu mulai panci dipanaskan sampai air mendidih untuk masing-masing panci.
- f. Setelah kedua panci mendidih, turunkan dan airnya dibuang, dinginkan panci dan isi lagi tetap 10 liter, ulangi point a sampai dengan c sampai sebanyak lima kali dan diusahakan jelaga yang terjadi tidak terlepas.
- g. Setiap lima kali pemanasan dan masing-masing telah dicatat waktunya diukur ketebalan jelaga yang terjadi.
- h. Ulangi point a sampai dengan g sampai sejumlah lima kali, hal ini untuk menyakinkan data yang kita peroleh dapat dipercaya.

Setelah percobaan pada no. 5 selesai, dilakukan pembahasan dan perhitungan data-data yang diperoleh untuk mengetahui sampai seberapa jauh perbedaan penggunaan bahan bakar untuk memanaskan sejumlah air yang sama.

H a s i l D a n P e m b a h a s a n1. Hasil Percobaan.

Dari percobaan pemakaian alat pembakaran yang direncanakan dan alat pembakaran konvensional didapatkan hasil/data sebagai tercantum pada tabel 2 dibawah ini. Setiap lima kali percobaan diukur ketebalan jelaga yang terjadi bom panci dibersihkan dan panci dipakai lagi. Dari percobaan-percobaan sebelumnya diketahui titik didih air adalah ;  $99^{\circ} C$  dan sebagai dasar percobaan adalah. :

Titik didih air =  $99^{\circ} C$

Jumlah air = 10 ( sepuluh ) liter

Kecepatan bahan bakar = 1 liter/jam

Suhu ruangan =  $30^{\circ} C$

Sedang yang perlu diamati adalah waktu yang diperlukan untuk mendidih kan air 10 ( sepuluh ) liter dan ketebalan jelaga yang menempel pada panci.

DATA DAN HASIL PERCOBAAN

Tabel 3

No	Waktu meridih		Ketebalan Jelaga		Keterangan
	Konven - Baru	stonal - Baru	Konven - Baru	stonal - Baru	
1.	19	15	26	15	0,65 mm
2.	19	15	46	15	
3.	20	16	06	16	
4.	21	16	42	16	
5.	23	17	14	17	
1.	19	15	26	15	0,70 mm
2.	19	15	46	15	
3.	20	16	06	16	
4.	21	16	42	16	
5.	23	17	14	17	
1.	19	15	26	15	0,60 mm
2.	19	15	47	15	
3.	20	16	05	16	
4.	21	16	41	16	
5.	23	17	09	17	
1.	19	15	25	15	2,15 mm
2.	19	15	48	15	
3.	20	16	05	16	
4.	21	16	42	16	
5.	23	17	13	17	



$$\begin{aligned} \text{Nilai kalori} &= \frac{0,3287 \times 0,83 \times 1000 \text{ lb}}{454} \times 18500 \text{ BTU/lb} \\ &= 11.117 \text{ BTU} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kalori yang terserap air} &= 22 ( 99 - 30 ) \cdot 3,9577 \\ &= 6020 \text{ BTU} \end{aligned}$$

c. Percobaan No. 3

$$\text{Waktu : } 20' 26,8'' = 1226,8''$$

$$\begin{aligned} \text{Bahan bakar} &= \frac{1226,8}{3600} \times 1 \text{ liter} \\ &= 0,34 \text{ liter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai kalori} &= \frac{0,34 \times 0,83 \times 1000 \text{ lb}}{454} \times 18500 \text{ BTU/lb} \\ &= 11499 \text{ BTU} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kalori yang terserap air} &= 22 \cdot ( 99 - 30 ) \cdot 3,9577 \\ &= 6020 \text{ BTU.} \end{aligned}$$

d. Percobaan No. 4

$$\text{Waktu : } 21' 40,8'' = 1300,8''$$

$$\begin{aligned} \text{Bahan bakar} &= \frac{1300,8}{3600} \times 1 \text{ liter} \\ &= 0,36 \text{ liter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai kalori} &= \frac{0,36 \times 0,83 \times 1000 \text{ lb}}{454} \times 18500 \text{ BTU/lb} \\ &= 12176 \text{ BTU} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kalori yang terserap air} &= 22 ( 99 - 30 ) \cdot 3,9577 \\ &= 6020 \text{ BTU} \end{aligned}$$

e. Percobaan No. 5

$$\text{Waktu : } 23' 11'' = 1391''$$

$$\begin{aligned} \text{Bahan bakar} &= \frac{1391}{3600} \times 1 \text{ liter} \\ &= 0,3864 \text{ liter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai kalori} &= \frac{0,3864 \times 0,83 \times 1000 \text{ lb}}{454} \times 18.500 \text{ BTU/lb} \\ &= 13069 \text{ BTU} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kalori yang terserap air} &= 22 ( 99 - 30 ) \cdot 3,9577 \\ &= 6020 \text{ BTU} \end{aligned}$$

o. Percobaan No. 5

$$\text{Waktu} : 17' 11'' = 1031''$$

$$\text{Bahan bakar} = \frac{1031}{3600} \times 1 \text{ liter} = 0,286 \text{ liter.}$$

$$\text{Nilai kalori} = \frac{0,286 \times 0,83 \times 1000 \text{ lb}}{454} \times 18.500 \text{ BTU/lb}$$

$$= 9673 \text{ BTU}$$

$$\text{Kalori yang terserap air} = 22 ( 99 - 30 ) \cdot 3,9577$$

$$= 6020 \text{ BTU}$$

DISPERPUSIP JATIM

Rangkuman hasil perhitungan data adalah sebagai berikut :

T a b e l : 4

R A N G K U M A N H A S I L P E M B A H A S A N

I T E M	1	2	3	4	5
11. Alat Konvensional					
a. Nilai kalori bahan bakar	10813	11117	11499	12176	13069
b. Kalori yang terserap air	6020	6020	6020	6020	6020
c. Kerugian kalori ( % )	44,33	45,85	47,65	50,56	53,94
12. Alat Baru					
a. Nilai kalori bahan bakar	8692	8892	9071	9335	9673
b. Kalori yang terserap air	6020	6020	6020	6020	6020
c. Kerugian kalori ( % )	30,74	32,30	33,63	35,51	37,76
Penghematan bahan bakar					
( 1 - 2 )	13,59	13,55	14,02	15,02	16,18

Rata-rata penghematan bahan bakar = 14,47 %

Jadi penghematan bahan bakar dengan menggunakan alat baru adalah : 14,47 %, kalau pemakaian bahan bakar untuk daerah Surabaya dan sekitarnya 272.640.000 kg setiap tahun maka biaya yang dihemat adalah :

$$272.640.000 \times 14,47 \% \times 0,83 \times \text{Rp. } 200,- =$$

Rp. 6.548.867.328,-

B a b . VK E S I M P U L A N D A N S A R A N1. Kesimpulan .

Pengamatan dari beberapa percobaan dan hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa pembakaran yang sempurna akan menghemat pemakaian bahan bakar.

Alat Konvensional mengalami kerugian pemakaian bahan bakar terkecil 30,74 % dan terbesar 37,76 %. kalau ditinjau dari timbulnya jelaga maka kerugian alat Konvensional 35,32 % dan alat baru 7,42 % .

Dari data tersebut maka alat baru dapat menghemat pemakaian bahan bakar sebesar 14,47 %, kalau diproyeksikan pemakaian bahan bakar untuk Surabaya dan sekitarnya 272.640 ton maka penghematan biaya adalah :  
Rp.6.548.867.328,-

Pemasangan alat pembakaran juga mempengaruhi penghematan bahan bakar.

2. S a r a n .

Agar dapat meningkatkan efisiensi maka disarankan pemasangan dalam pemakaian harus dalam kondisi yang baik, untuk mengurangi kerugian akibat radiasi panas ( radiasi panas  $\pm$  33 % ).

Disarankan pada saat merubah aliran bahan bakar selalu mengontrol pemasukan udara agar antara udara pembakaran dan bahan bakar dapat seimbang sehingga pembakaran selalu sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

1. Dukelow, S. G. : Improving Boiller Effisiensiy, M C Grawhill  
New York, 1982 .
2. D. Q. Kern : Proses Heat Transfer International Student  
Edition, M C Grawhill International Book Company  
Tokyo, 1983 .
3. Deutschman, MW : Machine Design Theory and Practice,  
Mac Millan Publishing Co Inc. New York, 1975 .
4. B. J. M. Beumer: Ilmu Logam, Ehratara Karya Aksara.  
Jakarta, 1979 .
5. Iwata, Osamu, Kobayashi. Cs :  
Kurita Handbook, Shinjuku - ku .  
Tokyo, 1985