

International Association of Certified Practicing Engineers	 IACPE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF CERTIFIED PRACTICING ENGINEERS www.iacpe.com Knowledge, Certification, Networking	Page: 1 of 38
		Rev: 01 April 2017
IACPE No 19, Jalan Bilal Mahmood 80100 Johor Bahru Malaysia	FURNACE CERTIFIED PROCESS TECHNICIAN TRAINING MODULE	

The International Association of Certified Practicing Engineers is providing the introduction to the Training Module for your review.

We believe you should consider joining our Association and becoming a Certified Process Technician. This would be a great option for engineering improvement, certification and networking.

This would help your career by:

1. Providing a standard of professional competence in the practicing engineering and management field
2. Identify and recognize those individuals who, by studying and passing an examination, meets the standards of the organization
3. Encourage practicing engineers and management professionals to participate in a continuing program of personal and professional development

www.iacpe.com

International Association of Certified Practicing Engineers	FURNACE	Page 2 of 38
	CERTIFIED PROCESS TECHNICIAN TRAINING MODULE	Rev: 01
		April 2017

TABLE OF CONTENT	DAFTAR ISI
INTRODUCTION	5
Scope	5
General Consideration	6
I. Furnace	6
A. Furnace Equipment	7
II. Combustion and Air Control	12
A. Temperature and Heat	12
B. Fuel and Combustion	12
a. Combustion	13
b. Fuel Type	13
DEFINITION	14
THEORY	16
I. Draft	16
A. Natural Draft	16
B. Forced Draft	17
C. Induced Draft	18
D. Balanced Draft	18
II. Burners	18
A. Burner Designs	19
a. Raw Gas Burner	19
b. Pre – mix Burner	19
c. Combination Burner	20
d. Combination Oil and Gas Burner	21
III. Stack and Draft	22
IV. Forced Draft Operation	22
V. Tubes	23
VI. Air Preheater	25
A. Recuperative Preheater	25
B. Regenerative Preheater	26
VII. Indicators and Analyzers	27
	PENGANTAR
	5
	Cangkupan
	5
	Gambaran Umum
	7
	I. Tungku Perapian
	7
	A. Peralatan Tungku
	7
	II. Pembakaran dan Kontrol Udara
	12
	A. Temperatur dan Panas
	12
	B. Bahan Bakar dan Pembakaran
	12
	a. Pembakaran
	13
	b. Tipe Bahan Bakar
	14
	DEFINISI
	14
	TEORI
	16
	I. Draft
	16
	A. <i>Draft</i> Alamiah
	17
	B. <i>Draft</i> Paksa
	18
	C. <i>Draft</i> Induksi
	19
	D. <i>Draft</i> Berimbang
	19
	II. Alat Pembakar
	19
	A. Desain-desain Pembakar
	19
	a. Pembakar Gas Mentah
	20
	b. Pembakar Pre – mix
	20
	c. Pembakar Kombinasi
	21
	d. Pembakar Minyak dan Gas Kombinasi
	21
	III. Cerobong dan <i>Draft</i>
	23
	IV. Operasi <i>Draft</i> Paksa
	23
	V. Tabung Perpipaan
	24
	VI. <i>Preheater</i> (Pemanas Awal) Udara
	26
	A. <i>Preheater</i> Rekuperatif
	26
	B. <i>Preheater</i> Regeneratif
	27
	VII. Indikator dan Alat Penganalisa
	28

International Association of Certified Practicing Engineers	FURNACE CERTIFIED PROCESS TECHNICIAN TRAINING MODULE	Page 3 of 38
		Rev: 01
		April 2017

A. Heat Indicators	27	A. Indikator Panas	28
B. Draft Gages	29	B. <i>Draft Gage</i>	30
C. Flue Gas Analyzers	31	C. Penganalisa Gas Asap	33
a. Oxygen Analyzer	33	a. Penganalisa Oksigen	35
VIII. Air Control	34	VIII. Kontrol Udara	36
IX. Stack Damper	35	IX. <i>Damper</i> (Peredam) Cerobong	37

LIST OF TABLE

Table 1 : description of natural draft furnace in figure 6	17
--	----

LIST OF FIGURE

Figure 1 : rectangular furnace	8
Figure 2 : series and parallel flows	9
Figure 3 : shape variation of rectangular furnace	10
Figure 4 : vertical furnace	11
Figure 5 : another variation of the vertical furnace	11
Figure 6 : natural draft furnace	17
Figure 7 : draft furnaces	18
Figure 8 : the parts of a typical raw gas burner	19
Figure 9 : the parts of a typical pre-mix burner	20
Figure 10 : combination burner	20
Figure 11 : an oil burner or gun	21
Figure 12 : typical oil and gas burner combination	21
Figure 13 : rolled headers and return bend	24
Figure 14 : illustration to maintain the temperature	24
Figure 15 : recuperative preheater	25
Figure 16 : regenerative air preheater	26

DAFTAR TABEL

Tabel 1 : deskripsi <i>draft</i> tungku alamiah dalam gambar 6	18
--	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 : tungku Persegi	8
Gambar 2 : aliran seri dan paralel	9
Gambar 3 : variasi bentuk tungku persegi	10
Gambar 4 : tungku vertikal	11
Gambar 5 : variasi lain dari tungku vertikal	11
Gambar 6 : <i>draft</i> tungku alamiah	18
Gambar 7 : <i>draft</i> tungku	19
Gambar 8 : bagian khas pembakar gas mentah	20
Gambar 9 : bagian khas pembakar pre-mix	21
Gambar 10 : pembakar kombinasi	21
Gambar 11 : sebuah pembakar minyak atau penyemprot	22
Gambar 12 : kombinasi khas pembakar minyak dan gas	22
Gambar 13 : <i>rolled headers</i> dan <i>return bend</i>	25
Gambar 14 : ilustrasi untuk menjaga temperatur	25
Gambar 15 : <i>preheater</i> rekuperatif	27
Gambar 16 : <i>preheater</i> udara regeneratif	28

International Association of Certified Practicing Engineers	FURNACE CERTIFIED PROCESS TECHNICIAN TRAINING MODULE	Page 4 of 38
		Rev: 01
		April 2017

Figure 17 : thermocouple scheme in furnace	28	Gambar 17 : skema termokopel dalam tungku	29
Figure 18 : illustration of measuring of draft	29	Gambar 18 : ilustrasi mengukur <i>draft</i>	31
Figure 19 : draft gage	30	Gambar 19 : <i>draft gage</i>	32
Figure 20 : draft gage mechanism	30	Gambar 20 : mekanisme <i>draft gage</i>	32
Figure 21 : draft sampling position	31	Gambar 21 : posisi pengujian <i>draft</i>	32
Figure 22 : Orsat	32	Gambar 22 : Orsat	34
Figure 23 : flue gas relationship chart	33	Gambar 23 : diagram hubungan gas asap	34
Figure 24 : oxygen in flue gas against excess air, %	33	Gambar 24 : oksigen dalam gas asap terhadap udara berlebih, %	35
Figure 25 : stack damper	35	Gambar 25 : <i>damper</i> cerobong	37

International Association of Certified Practicing Engineers	FURNACE	Page 5 of 38
	CERTIFIED PROCESS TECHNICIAN	Rev: 01
	TRAINING MODULE	April 2017

INTRODUCTION

Scope

A furnace is a device used for high-temperature heating. The term furnace can also refer to a direct fired heater, mostly used in refinery units, providing heat to chemical reactions for processes like cat cracking, thermal cracking, reforming, coking, crude distillation, cat poly and vacuum units, or boiler applications in chemical industries.

Furnaces are used throughout the industry to provide the heat, using the combustion of fuels. In fact, furnace operation treats the three elements of combustion. They are fuel, air, and a source of ignition. These elements are combined by under controlled conditions in the furnace. Furnaces consist essentially of an insulated, refractory lined chamber containing tubes. Tubes carry the process fluid to be heated, and sizes are device for burning the fuel in air to generate hot gases.

Providing air for combustion in sufficient quantity for maximum release of heat is the normal day – to – day task of the operator. The operation is treated and air control equipment, the indicators and analyzers are used by this unit. These equipments make possible strict regulation of the air supply.

The consumption of fuel is minimized and the life of furnace equipment is extended by proper control of air. The process technician is better to have ability to regulate the air supply within narrow limits contributes to the economy of heat production and extended life of the equipment.

This training module provides an overview of the furnace and its parts along with practical combustion and air control. The knowledge and understanding of the basic principles and concepts of furnaces, combustion and air control are essential to deal with the way these parts function in the total process of making heat and transferring it to the petroleum materials being processed into useful products and important to analyze the furnace operation.

PENGANTAR

Cangkupan

Suatu tungku adalah sebuah alat digunakan untuk memanaskan dalam temperatur tinggi. Istilah tungku dapat juga menunjukkan pada suatu pemanas api langsung, sebagian besar digunakan pada unit pengkilangan, memberikan panas pada reaksi kimia untuk proses seperti aplikasi perengkahan katalitik, perengkahan panas, *reforming*, *coking*, distilasi minyak mentah, polimer katalitik dan unit vakum, atau boiler dalam industri kimia.

Tungku perapian digunakan dalam industri untuk memberikan panas, menggunakan pembakaran bahan bakar. Faktanya, operasi tungku melingkupi tiga elemen pembakaran. Ketiganya adalah bahan bakar, udara, dan sumber pengapian. Elemen ini dikombinasikan dibawah kondisi terkontrol di dalam tungku. Tungku secara esensi terdiri dari suatu terisolasi, *lined chamber* refraktori berisi tabung perpipaian. Tabung perpipaian yang membawa fluida proses untuk dipanaskan, dan ukurannya adalah perangkat untuk membakar bahan bakar dalam udara untuk meningkatkan gas panas.

Memberikan udara pembakaran dengan jumlah yang cukup untuk pelepasan panas maksimal merupakan tugas keseharian operator secara normal. Operasi diperlakukan dan peralatan kontrol udara, indikator, dan penganalisa digunakan oleh unit ini. Peralatan- peralatan tersebut membangun aturan tepat mengenai penyediaan udara.

Konsumsi bahan bakar diminimalisir and dan umur peralatan tungku dapat diperpanjang dengan pengontrolan udara yang tepat. Teknisi proses lebih baik memiliki kemampuan untuk mengatur penyediaan udara dalam batas yang terbatas berkontribusi pada ekonomi produksi panas dan memperpanjang umur peralatan tungku.

Modul pelatihan ini memberikan peninjauan luas mengenai tungku dan bagiannya, bersama dengan pembakaran dan kontrol udara secara

International Association of Certified Practicing Engineers	FURNACE	Page 6 of 38
	CERTIFIED PROCESS TECHNICIAN	Rev: 01
	TRAINING MODULE	April 2017

This module includes parts of the furnace, variations of furnaces, drafts, burner designs, and factors that effect in furnace such as relationship draft and stack, and the tube. It also covers fuel and combustion, various of air preheaters that are used in according the requirement, heat indicators, draft gages, flue gas and oxygen analyzers, air control and stack damper. These descriptions are great basic knowledge based on efficiency and design which every process technician know.

The science of furnaces in this module provides a foundation in practical furnace which enable the process technician to solve furnace problem in industries. The student who knows the furnace and how it works – whether or not he is actually engaged in furnace operation - is better prepared to understand the reasons for making the most of heat and wasting the least heat possible everywhere in a plant. He is a more understanding workman and more valuable in any job.

This module also has figures and tables to illustrate the equipment and condition cases as example and reference. It is important to assist the students to understand and can be applied in industries practically.

General Consideration

I. Furnace

In terms of refining costs, the furnace is one of the most important pieces of equipment in the refinery or plant. A large part of the heat used in refining is added directly to the charge as it passes through a furnace. From a dime to a quarter of every dollar spent on the whole refining process is for the fuel oil and fuel gas used in firing the furnaces.

To achieve the lowest possible heating cost, the furnace must operate at maximum efficiency. When the furnace operates below maximum efficiency, extra fuel is consumed. When the furnace operates properly, the furnace and its

praktek. Pengetahuan dan mengerti prinsip dasar dan konsep mengenai tungku, pembakaran dan kontrol udara merupakan penting untuk menghubungkan fungsi dari bagian-bagiannya dalam total proses pembuatan panas dan pemindahan tersebut pada bahan petrolum yaang sedang diproses ke dalam produk yang berguna dan ini sangat penting untuk menganalisa operasi tungku.

Modul ini berisi mengenai bagian-bagian tungku, variasi tungku, *draft*, desain pembakar, dan faktor-faktor yang mempengaruhi di dalam tungku seperti hubungan *draft* dan cerobong, dan perpipaannya. Modul ini juga meliputi bahan bakar dan pembakaran, variasi *preheater* udara yang digunakan berdasarkan kebutuhan, indikator panas, *draft gage*, penganalisa gas asap dan oksigen, kontrol udara dan *damper* cerobong. Deskripsi ini semua merupakan pengetahuan dasar yang bagus berdasarkan pada efisiensi dan desain yangmana setiap teknisi proses mengetahuinya.

Pengetahuan tungku dalam modul ini memberikan suatu pondasi dalam tungku secara praktek yang memungkinkan teknisi proses memecahkan persoalan tungku di industri. Murid yang mengetahui tungku dan bagaimana cara bekerjanya, diluar apakah ya atau tidaknya murid berkaitan dalam operasi tungku secara aktual, adalah lebih baik bersiap untuk mengerti alasan dalam membuat sebagian besar panas dan pembuangan panas terakhir yang mungkin dimanapun di dalam pengkilangan. Dia adalah seorang pekerja dengan keilmuan lebih dan bernilai lebih dalam beberapa pekerjaan.

Modul ini juga memiliki gambar-gambar dan tabel untuk mengilustrasikan peralatan dan kondisi kasus sebagai contoh dan referensi. Ini merupakan penting untuk membantu murid mengerti dan dapat mengaplikasikan ke dalam industri secara praktek.

International Association of Certified Practicing Engineers	FURNACE	Page 7 of 38
	CERTIFIED PROCESS TECHNICIAN	Rev: 01
	TRAINING MODULE	April 2017

parts have a longer working life with minimum repairs. A properly run furnace is a safe furnace. By operating a furnace properly, the equipment is protected from damage.

A. Furnace Equipment

Furnaces are needed in refineries and plants to release heat and transfer it to material being processed into petroleum products. Furnace is composed into several parts. There are burner, firebox, radiant tubes, shock bank, convection tubes, breeching, and stack. The parts of furnace can be given in figure 1.

Burners are installed on the floor of the furnace. Fuel mixed with air ignites at the burners and releases heat. The gases and vapors formed by burning fuel and air are called combustion products. Flue gases are combustion product and air not consumed in the burning reaction.

The firebox is the open area above the burners. The tubes along the walls of the firebox are radiant tubes. The tubes are the radiant tubes and the shock bank which receive rays of radiant heat from the direct light of the burners. The walls and roof are lined with a material that reduces heat losses and radiates heat back to the tubes. A refractory lining radiates heat back to the tubes to increase the amount of heat absorbed. Whereas, the breeching is the duct which gathers the flue gases and discharges them to the stack. Flue gases flow from the firebox into the breeching and out of the stack.

Gambaran Umum

I. Tungku Perapian

Dalam istilah biaya pengkilangan, tungku merupakan satu dari yang paling penting dari peralatan dalam pengkilangan. Suatu bagian besar dari panas yang digunakan dalam pengkilangan ditambahkan secara langsung pada masukan ketika melewati suatu tungku. Dari sepersepuluh dolar hingga seperempat dari setiap dolar yang telah habis pada seluruh proses pengkilangan adalah untuk minyak bakar dan gas bakar yang digunakan dalam membakar tungku.

Untuk mencapai kemungkinan biaya pemanasan terendah, tungku harus beroperasi pada efisiensi maksimum. Ketika tungku beroperasi dibawah efisiensi maksimum, bahan bakar tambahan dibutuhkan. Ketika tungku beroperasi secara tepat, tungku dan bagian-bagiannya memiliki umur kerja lebih lama dengan perbaikan minimum. Suatu tungku yang bekerja dengan tepat adalah suatu tungku yang aman. Dengan mengoperasikan tungku tersebut, peralatan terproteksi dari kerusakan.

A. Peralatan Tungku

Tungku dibutuhkan dalam pengkilangan untuk melepaskan panas dan memindahkan panas kepada bahan yang sedang diproses ke dalam produk petroleum. Tungku terdiri dari beberapa bagian. Bagian tersebut adalah pembakar, *firebox*, *radiant tubes*, *shock bank*, *convection tubes*, *breeching*, dan cerobong. Bagian-bagian dari tungku dapat diberikan dalam gambar 1.

Pembakar diinstal diatas dasar tungku. Bahan bakar dicampur dengan udara menyala pada pembakar dan melepaskan panas. Gas dan uap yang terbentuk dengan membakar bahan bakar dan udara disebut pembakaran. Gas asap merupakan produk pembakaran dan udara yang tidak terkonsumsi dalam reaksi pembakaran.

Firebox adalah area terbuka diatas pembakar. Tabung perpipaan sepanjang dinding firebox merupakan *radiant tubes*. Tabung-tabung perpipaan adalah *radiant tubes* dan *shock bank*

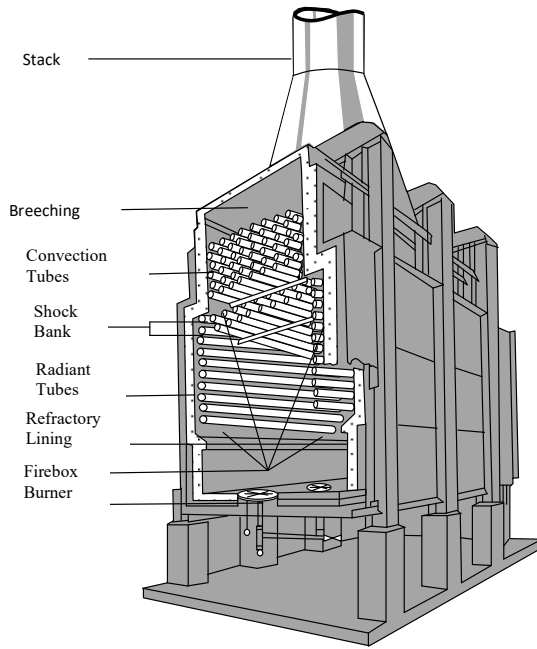
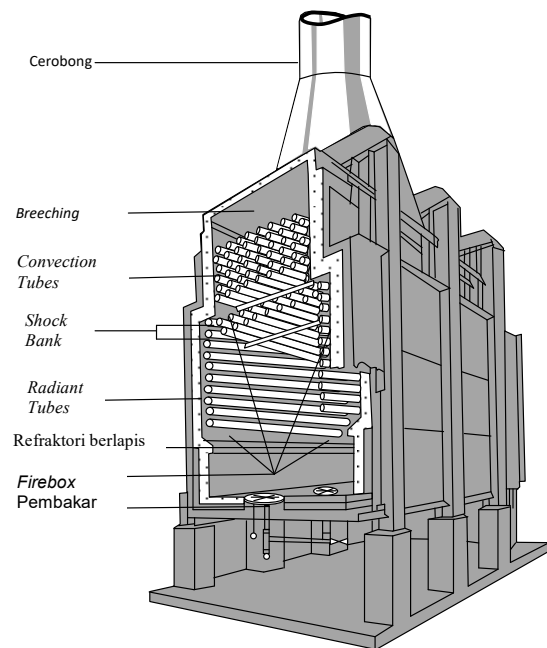


Figure 1 : rectangular furnace

Heat released by the burners is absorbed by the tubes in two sections. The part of the furnace contained the radiant tubes is the radiant section. The part where the convection tubes are located, is called the convection section. The shock bank receives both convection and radiant heat. Tube banks differ in the kind of heat they absorb from the burner flame. The radiant tubes absorb radiant heat from the burners and the refractory. The convection tubes absorb heat from the hot flue gases passing over them. Heat absorbed from the flow of hot gases is called convection heat.

The charge is normally fed into the convection tubes and drawn off at the radiant tubes. The oil charge to this furnace can flow in series and parallel through the tubes. Series flow happens when the total charge flows through every tube in the furnace. While, parallel flow happens when the charge is split into two or more streams and the separate streams flow through the furnace as shown in figure 2.

yang menerima sinar panas radiasi dari api langsung dari pembakar. Dinding dan atap dilapisi dengan suatu bahan yang mengurangi kehilangan panas dan meradiasi panas kembali ke tabung perpipaannya. Suatu refraktori berlapis meradiasi panas kembali ke tabung perpipaannya untuk meningkatkan jumlah panas terserap. Sedangkan, *breeching* merupakan saluran yang menggabungkan gas asap dan mengeluarkan semuanya ke cerobong. Asap gas mengalir dari *firebox* ke dalam *breeching* dan keluar ke cerobong.



Gambar 1 : tungku persegi

Panas yang lepas dari pembakar diserap oleh tabung perpipaannya dalam dua daerah. Bagian tungku yang berisi *radiant tubes* adalah daerah radiasi. Bagian dimana *convection tubes* diposisikan, disebut daerah konveksi. *Shock bank* menerima kedua panas konveksi dan radiasi. Kumpulan tabung ini berbeda dalam jenis panas yang diserap dari api pembakar. *Radiant tubes* menyerap panas radiasi dari pembakar dan refraktori. *Convection tubes* menyerap panas dari gas asap panas yang melewatinya. Panas yang diserap dari aliran

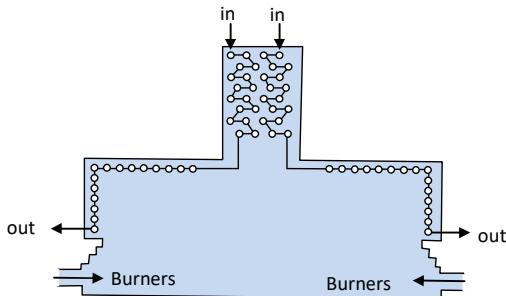
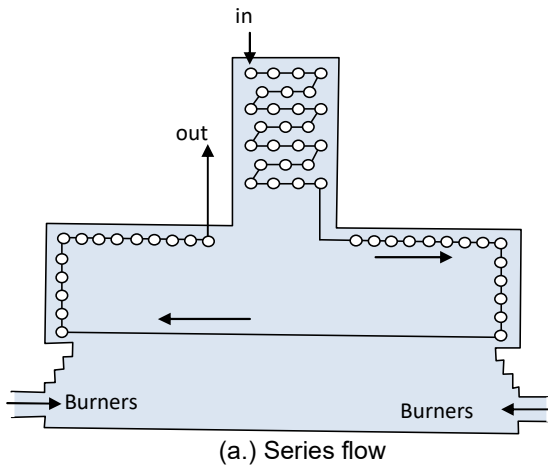
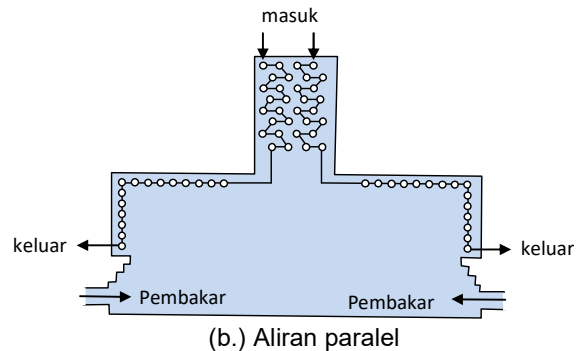
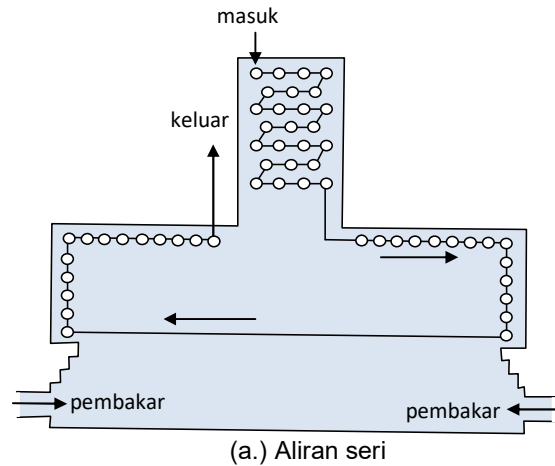


Figure 2 : series and parallel flows

Actually, the rectangular furnace have many different shapes. Two of the variations are illustrated in figure 3 and 4. In furnace at figure 3a, the flue gases pass upward over the convection tubes on their way to the stack. The radiant tubes are at A. At figure 3b, a bridgewall made of refractory material divides the two combustion chambers. The bridgewall reflects radiant heat to the tubes in the radiant section. The bridgewall is at point B.

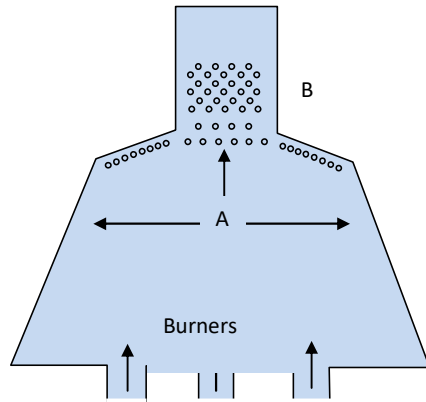
gas panas disebut panas konveksi.

Pengisian secara normal, dimasukan ke dalam *convection tubes* dan ditarik pada *radiant tubes*. Pengisian minyak pada tungku ini, dapat mengalir secara seri dan paralel melalui tabung perpipaan. Aliran seri terjadi ketika total pengisian mengalir melalui setiap tabung dalam tungku. Sedangkan, aliran paralel terjadi ketika pengisian dibagi ke dalam dua atau lebih aliran dan aliran terpisah mengalir melewati tungku seperti ditunjukkan dalam gambar 2.



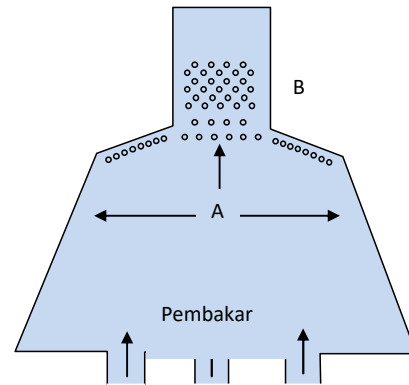
Gambar 2 : aliran seri dan paralel

Secara aktual, tungku persegi memiliki banyak perbedaan bentuk. Dua dari variasinya diilustrasikan dalam gambar 3 dan 4. Dalam tungku pada gambar 3a, gas asap naik melewati *convection tubes* menuju cerobong.

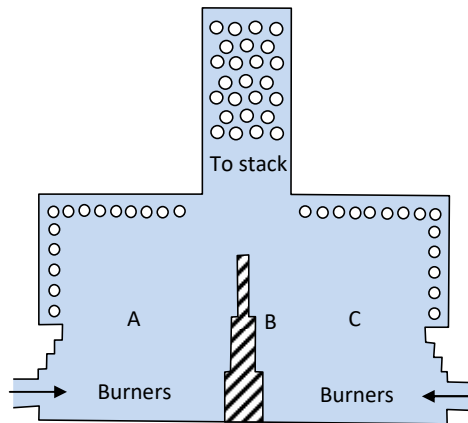


(a.)

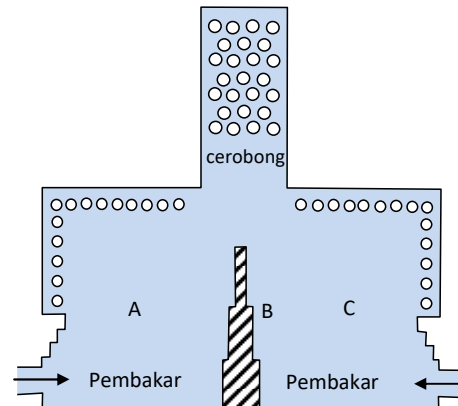
Radiant tubes berada di titik A. Pada gambar 3b, suatu dinding jembatan terbuat dari bahan refraktori membagi dua daerah pembakaran. Dinding jembatan tersebut memantulkan panas radiasi ke tabung perpipaan di daerah radiasi. Dinding jembatan tersebut merupakan titik B.



(a.)



(b.)



(b.)

Figure 3 : shape variation of rectangular furnace

In addition to rectangular furnace, a cylindrical, vertical furnace is typically used in industry. For a given heat capacity, a vertical furnace occupies less ground area than a rectangular furnace. The radiant tubes are set vertically. Radiant heat is reflected to the tubes by the refractory lining. A steel radiating cone also reflects radiant heat to the tubes. Flue gases are directed to the convection section by a baffle sleeve. The construction can be given as shown in figure 4.

Gambar 3 : variasi bentuk tungku persegi

Selain tungku persegi, suatu silinder, tungku vertikal secara khas digunakan dalam industri. Pada suatu kapasitas panas yang diberikan, tungku vertikal menempati area tanah lebih sedikit dibanding pada tungku persegi. *Radiant tubes* diatur secara vertikal. Panas radiasi dipantulkan ke tabung oleh refraktori berlapis. Sebuah kerucut besi beradiasi juga

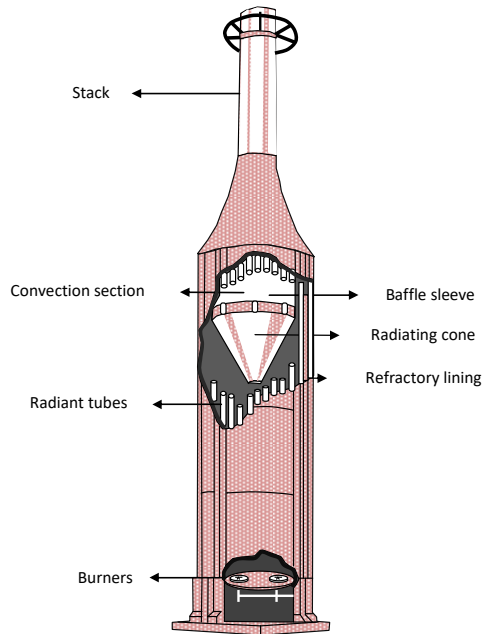


Figure 4 : vertical furnace

Another variation of the vertical furnace can be given as shown in figure 5.

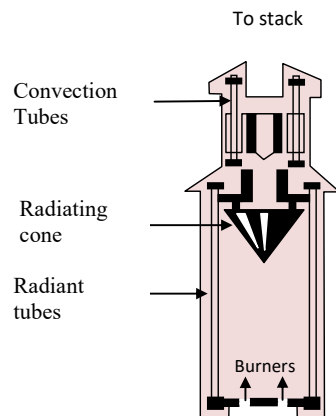
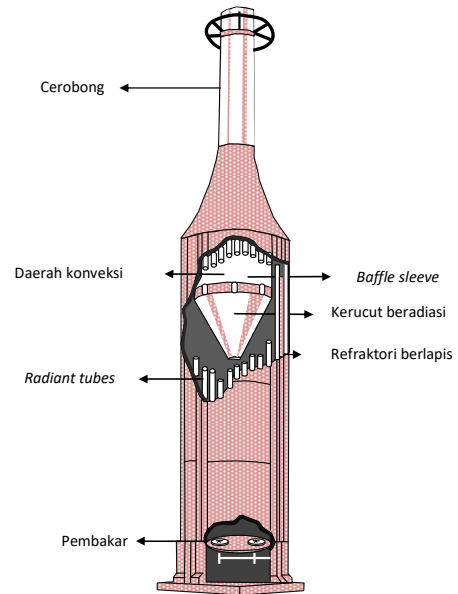


Figure 5 : another variation of the vertical furnace

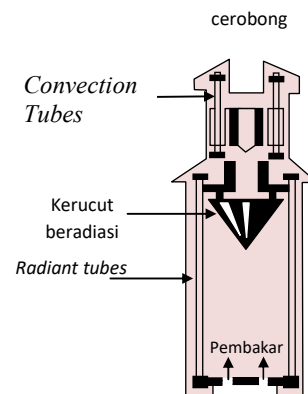
The basic operation of refinery furnaces is the same, but they are different in size and design to meet the overall conditions of particular process installation. A furnace handling a large flow of material may be made up of a number of

memantulkan panas radiasi ke tabung perpipaannya. Gas asap diarahkan ke daerah konveksi oleh suatu *baffle sleeve*. Konstruksinya dapat diberikan seperti ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4 : tungku vertikal

Variasi tungku vertikal lainnya dapat diberikan seperti ditampilkan dalam gambar 5.



Gambar 5 : variasi tungku vertikal lainnya

Operasi dasar tungku pengkilangan sama dengan lainnya, tetapi terdapat perbedaan dalam

International Association of Certified Practicing Engineers	FURNACE	Page 12 of 38
	CERTIFIED PROCESS TECHNICIAN	Rev: 01
	TRAINING MODULE	April 2017

individual sections or cells. Each of these cells can then be controlled separately like a single smaller furnace.

Furnace differ in the size and placement of tubes, depending on the material being heated. Furnaces are designed for different temperature ranges. High temperatures demand more room for the tube metal to expand or 'creep". Because faster –moving liquid tends to "scrub" the inside of the tubes, a material which may leave coke deposits in the tubes is pumped through at a higher speed.

II. Combustion and Air Control

A. Temperature and Heat

Temperature does not measure the amount of heat in a substance. The temperature of charge increases in degrees as it goes through the furnace. In measuring heat absorbed, the charge uses the temperature difference. The amount of heat in a substance depends on both its temperature and its mass. It is measured in British Thermal Units, BTU. One BTU is the amount of heat required to raise the temperature of one pound of water by 1 °F. One pound of carbon completely burned to carbon dioxide (CO₂) gives off 14100 BTU.

B. Fuel and Combustion

Burning or combustion of a mixture of air and fuel combines oxygen (O₂) with carbon (C) or hydrogen (H₂). The burning of air and fuel produces carbon dioxide (CO₂), water (H₂O), and heat. Carbon monoxide can be formed, instead of carbon dioxide, when there is not enough oxygen, some of the carbon atoms unite with one atom of oxygen in combustion.

Oxygen in furnace is obtained from air which normally is composed of about 4/5 nitrogen and 1/5 oxygen. The nitrogen remains unchanged, except that it is heated during combustion. The oxygen is diluted and the intensity of combustion is reduced by the nitrogen. All the nitrogen in the air goes out of the stack with the flue gases at the same temperature.

ukuran dan desain untuk menemukan kondisi instalasi proses khusus secara keseluruhan. Suatu tungku yang menangani aliran bahan yang besar dapat dibuat dari sejumlah daerah individu atau kolom. Masing-masing kolom dapat kemudian dikontrol secara terpisah seperti tungku tunggal lebih kecil.

Perbedaan tungku dalam ukuran dan penempatan tabung, bergantung pada bahan yang dipanaskan. Tungku didesain pada rentang temperatur yang berbeda. Temperatur tinggi membutuhkan banyak ruang untuk logam tabung berekspansi atau bergerak. Karena pergerakan cairan yang lebih cepat cenderung untuk "mengikis" sisi dalam tabungnya, suatu bahan yangmana dapat meninggalkan deposit coke dalam tabung dipompa melalui tabung tersebut dengan kecepatan tinggi.

II. Pembakaran dan Kontrol Udara

A. Temperatur dan Panas

Temperatur tidak mengukur jumlah panas dalam suatu zat. Temperatur pengisian meningkat dalam derajat ketika melewati tungku. Dalam mengukur panas yang terserap, pengisian menggunakan perbedaan temperatur. Jumlah panas dalam suatu zat bergantung pada temperatur dan massanya. Panas tersebut diukur dalam British Thermal Units, BTU. Satu BTU adalah jumlah panas dibutuhkan untuk menaikkan temperatur dari satu pon air oleh 1 °F. Satu pon karbon yang terbakar sempurna menjadi karbon dioksida (CO₂) melepaskan 14100 BTU.

B. Bahan Bakar dan Pembakaran

Membakar atau pembakaran suatu campuran udara dan bahan bakar mengkombinasikan oksigen (O₂) dengan karbon (C) atau hidrogen (H₂). Membakar udara dan bahan bakar menghasilkan karbon dioksida (CO₂), air (H₂O), dan panas. Karbon monoksida dapat terbentuk, sebagai ganti karbon dioksida, ketika tidak cukup oksigen, beberapa atom karbon menyatu dengan satu atom oksigen dalam pembakaran.

International Association of Certified Practicing Engineers	FURNACE	Page 13 of 38
	CERTIFIED PROCESS TECHNICIAN	Rev: 01
	TRAINING MODULE	April 2017

Some excess air is needed to make sure that all the carbon and hydrogen atoms combine with oxygen. The excess nitrogen and oxygen absorb some of the heat that would normally go to the charge in the tubes.

Forming carbon monoxide instead of carbon dioxide releases only 28% as much heat. This incompleting combustion liberates about one pound of carbon only 4,000 BTU. A burner giving off carbon monoxide releases less heat. Less heat is then absorbed by the charge in the tubes.

When the charge comes cooler, more fuel is automatically fed to the burners. More fuel brings more carbon to combine with the oxygen. The carbon in great quantities will form carbon monoxide if more carbon combines with the same amount of oxygen. As the proportion of carbon monoxide rises, the amount of heat liberated goes down.

The burner flame will be quenched of lack of oxygen, leaving a supply of raw gas entering the furnace since the increasing carbon monoxide process goes too long. The mixture may be ignited if air is then allowed to the hot furnace with raw unburned fuel in it. This ignition can suddenly result in a violent and destructive explosion.

a. Combustion

Combustion must have a source of ignition. Once burning has started, the heat of the burning itself is a continuous source of ignition. Burners create turbulence to thoroughly mix the fuel and oxygen. In premix burner, the pressure brings the fuel to the point of combustion fast enough thus, the mixture burns in front of the burners. The flame may flash back into the burner if low pressure slows down the fuel.

b. Fuel Type

One element of combustion is fuel. The fuel is composed into gas and liquid. Fuel gas is burned without any other treatment than mixing with air. While fuel oil is a liquid which must be atomized before it is mixed with air. A jet of steam breaks the fuel oil into a mist.

Oksigen yang diperoleh dalam tungku dari udara yangmana secara normal terdiri dari 4/5 nitrogen dan 1/5 oksigen. Nitrogen tetap tidak berubah, kecuali ketika dipanaskan selama pembakaran. Oksigen dilarutkan dan intensitas pembakaran dikurangi oleh nitrogen. Semua nitrogen di udara menuju cerobong dengan gas asap pada temperatur yang sama. Beberapa udara berlebih dibutuhkan untuk memastikan bahwa semua atom karbon dan hidrogen berkombinasi dengan oksigen. Nitrogen dan oksigen berlebih ini menyerap beberapa panas yang akan secara normal menuju isi tabung perpipaan.

Pembentukan karbon monoksida sebagai ganti karbon dioksida melepas hanya 28% dari panas. Pembakaran tak sempurna ini membebaskan satu pon karbon hanya sebesar 4,000 BTU. Pembakar yang melepaskan karbon dioksida, membebaskan panas lebih sedikit. Sedikit panas ini kemudian diserap oleh isi tabung perpipaan.

Ketika isi tabung menjadi dingin, bahan bakar lebih dimasukkan ke dalam pembakar secara otomatis. Bahan bakar yang banyak membawa banyak karbon untuk berkombinasi dengan oksigen. Karbon dengan jumlah yang sangat besar akan membentuk karbon monoksida jika karbon tersebut berkombinasi dengan jumlah oksigen yang sama. Ketika bagian karbon monoksida meningkat, jumlah panas yang dibebaskan akan menurun.

a. Pembakaran

Pembakaran harus memiliki satu sumber pengapian. Ketika pembakaran dimulai, panas dari pembakaran itu sendiri adalah suatu sumber pengapian secara kontinyu. Pembakar membuat turbulensi pada campuran bahan bakar dan oksigen secara menyeluruh. Dalam pembakar premix, tekanan membawa bahan bakar ke titik pembakaran yang cukup cepat sehingga, campurannya terbakar di depan pembakar. Nyala apinya dapat menyerot balik ke dalam pembakar jika tekanan rendah melambatkan bahan bakar.

International Association of Certified Practicing Engineers	FURNACE	Page 14 of 38
	CERTIFIED PROCESS TECHNICIAN	Rev: 01
	TRAINING MODULE	April 2017

The fuel oil achieves to the burner at a steady temperature to maintain constant and steady flow. In the oil, coke particles or impurities can partially clog the holes. Fuel oil requires a constant source of ignition. It is needed a gas pilot or the hot refractory in front of the burner to overcome it.

In fact, fuel oil is more difficult to keep burning than fuel gas. The gas flame provides a source of ignition for the oil. In entering fuel to the furnace, it should be under pressure condition, because it will quickly set conditions for a disastrous explosion if a flame is allowed to go out.

DEFINITION

Air preheater - a device which uses some of the heat in the flue gases to raise the temperature of the air supply to the burners.

Balanced draft - produced by discharging air into the firebox with one fan and discharging flue gases into the stack with another.

Breeching - the duct which gathers the flue gases and discharges them to the stack.

Burner - a device which is used to generate a flame, in order to heat up products using a gaseous or liquid fuel.

Combustion - the rapid chemical reaction between oxygen and a combustible material that releases heat and light.

Convection - heat transfer between a solid and an adjacent fluid which occurs by movement of the fluid molecules.

Convection section - the part where the convection tubes are located.

Draft - a slight pressure difference that produces the flow of gases through the furnace.

Draft gage - the draft inside the furnace that is measured in fractions of an inch of water.

b. Tipe Bahan Bakar

Satu elemen pembakaran adalah bahan bakar. Bahan bakar terdiri dari gas dan cairan. Bahan bakar gas dibakar tanpa perlakuan lain selain bercampur dengan udara. Sedangkan bahan bakar minyak merupakan suatu cairan yang harus diatomisasi terdahulu sebelum dicampur dengan udara. Suatu jet uap mengubah bahan bakar minyak menjadi kabut.

Minyak bakar mencapai pada pembakar pada temperatur stabil untuk menjaga aliran tetap stabil. Di dalam minyak, partikel arang atau impuritis dapat menyumbat sebagian lubang pembakar. Minyak bakar membutuhkan sumber pengapian konstan. Ini dibutuhkan suatu pilot gas atau refraktori panas di depan pembakar untuk menjaganya.

Faktanya, minyak bakar lebih sulit untuk menjaga tetap terbakar dibanding bahan bakar gas. Nyala api gas memberikan suatu sumber pengapian untuk minyaknya. Saat memasuki bahan bakar ke tungku, kondisinya harus dibawah tekanan, karena secara cepat akan mengubah kondisi menjadi ledakan bencana jika nyala api keluar batas tekanan.

DEFINISI

Preheater udara - suatu alat yang menggunakan beberapa panas dari gas asap untuk meningkatkan temperatur penyediaan udara menuju pembakar.

Draft berimbang - diproduksi oleh udara keluaran ke dalam *firebox* dengan satu kipas dan mengeluarkan gas asap ke dalam cerobong dengan lainnya.

Breeching - saluran yang menggabungkan gas asap dan mengeluarkan itu semua menuju cerobong.

Pembakar - suatu alat yang digunakan untuk menghasilkan api, agar menaikan panas produk menggunakan suatu bahan bakar gas atau cair.

International Association of Certified Practicing Engineers	FURNACE	Page 15 of 38
	CERTIFIED PROCESS TECHNICIAN	Rev: 01
	TRAINING MODULE	April 2017

Excess air - the amount of air requisited in addition to the air needed for combustion.

Firebox - the open area above the burners.

Force - the action of one body on another which will cause acceleration of the second body unless acted on by an equal and opposite action counteracting the effect of the first body.

Furnace - a device used for high – temperature heating.

Impingement - a burner flame touching a tube in the firebox.

Induced draft - a draft produced by discharging the flue gases out of the furnace with a fan located between the furnace and the stack.

One BTU - the amount of heat required to raise the temperature of one pound of water by 1 °F.

Orsat - a device which is used to test flue gas.

Pressure - the force exerted per unit of surface area.

Quenching - the cooling of a fluid by mixing it with another fluid of a lower temperature.

Radiant section - the part of the furnace that contains the radiant tubes.

Recuperative preheater - a heater that uses the air to recover the heat lost to the tubes by the flue gases.

Regenerative preheater - particularly used to assist to reduce danger chemical material input and output released to atmosphere.

Set pressure - the inlet gauge pressure at which the pressure relief valve is set to open under service conditions.

Stack - a type of chimney, a vertical pipe, channel or similar structure through which combustion product gases called flue gases are exhausted to the outside air.

Pembakaran – reaksi kimia cepat antara oksigen dan suatu bahan yang dapat terbakar yang melepaskan panas dan api.

Konveksi – perpindahan panas antara padatan dan suatu batasan fluida yang terjadi oleh pergerakan molekul fluida.

Daerah konveksi – bagian dimana *convection tubes* diposisikan.

Draft – suatu beda tekanan yang rendah yang menghasilkan aliran gas melalui tungku.

Draft gage – draft di sisi dalam tungku yang diukur dalam fraksi inchi air.

Udara berlebih – jumlah udara yang diharuskan selain udara yang dibutuhkan untuk pembakaran.

Firebox – area terbuka diatas pembakar.

Gaya – tindakan suatu benda pada lainnya yangmana akan menyebabkan percepatan benda kedua kecuali bertindak pada suatu aksi yang sama atau berlawanan menetralkan pengaruh dari benda pertama.

Tungku – suatu alat yang digunakan untuk memanaskan pada temperatur tinggi.

Tubrukan – suatu nyala api pembakar menyentuh suatu tabung di dalam *firebox*.

Draft terinduksi – suatu draft yang dihasilkan dengan mengeluarkan gas asap keluar tungku dengan satu kipas yang berlokasi diantara tungku dan cerobong.

Satu BTU – jumlah panas terbutuhkan untuk menaikkan temperatur satu pon air dengan 1 °F.

Orsat – suatu alat yang digunakan untuk menguji gas asap.

Tekanan – gaya yang diberikan per satuan luas permukaan.