



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Uraian Proses

II.1.1 Primary Process

Proses primer ialah proses pemisahan komponen minyak mentah yang dilakukan secara fisik. Pada tahap ini, minyak mentah dipisahkan menjadi fraksi-fraksinya dengan menggunakan proses distilasi. Unit operasi yang digunakan pada proses ini adalah *Crude Distiller* (CD) II, III, IV, dan V. Residu hasil pemisahan dari unit CD II, III, IV, dan VI dipisahkan lagi di *High Vacuum Unit* (HVU) II, sedangkan *slop oil* (minyak sisa yang tidak memenuhi standar atau *off spec*) diolah di CD VI sebagai injeksi *feed*.

II.1.2 Secondary Process

Proses sekunder melibatkan terjadinya perubahan struktur kimia dari suatu senyawa. Proses yang bertujuan untuk mengolah fraksi-fraksi dari hasil proses primer ini meliputi dekomposisi molekul (*cracking*), kombinasi molekul (*polimerisasi* dan *alkilasi*) dan perubahan struktur molekul (*reforming*). Unit-unit yang beroperasi pada proses ini adalah FCCU (*Fluid Catalytic Cracking Unit*), *Polimerisasi*, *Alkilasi*, *Stabilizer C/A/B*, *SRMGC* (*Straight Run Motor Gas Compressor*), dan *BB Distiller* (*Buthane-Buthylene Distiller*).

II.1.3 Treating

Produk akhir dimurnikan dengan proses *treating* untuk menghilangkan senyawa belerang (seperti H_2S , sulfida, dan merkaptan) yang masih terkandung di dalam produk. Senyawa-senyawa tersebut bersifat korosif dan menyebabkan kerusakan pada mesin. Tetapi pada pembuatan LPG, senyawa merkaptan justru ditambahkan dengan tujuan agar baunya menjadi indikasi kebocoran gas. Zat kimia yang digunakan untuk proses *treating* umumnya soda kaustik ($NaOH$).

II.1.4 Blending (Pencampuran)

Proses *blending* bertujuan untuk meningkatkan kualitas produk atau agar produk memenuhi spesifikasi. Proses ini dilakukan dengan penambahan zat aditif atau dengan pencampuran dua produk yang berbeda spesifikasi. Contohnya ialah penambahan TEL (*Tetra Ethyl Lead*) untuk meningkatkan angka oktan bensin atau pencampuran HOMC (*High Octane Mogas Component*) dengan *naphta* untuk menghasilkan bahan bakar premium dengan angka oktan tinggi.



II.1.5 Produksi Polypropylene

Bahan baku unit ini adalah Raw Propane-Propylene dari hasil perengkahan di FCCU. Proses pengolahannya terbagi menjadi tiga bagian, yaitu pemurnian bahan mentah menggunakan proses ekstraksi, pengeringan, distilasi, polimerisasi dan peletisasi Polypropylene yang akan menjadi bijih plastik (pellet).

II.1.6 Produksi TA/PTA

Proses utama dalam Unit TA adalah proses oksidasi antara bahan baku Paraxylene dengan Oxygen dalam suatu larutan Acetic Acid (Solvent). Unit TA berfungsi mengolah bahan baku Paraxylene menjadi Crude Terephtalic Acid (CTA), sedangkan Unit PTA mengolah CTA menjadi Purified Terephtalic Acid (PTA). Saat ini produksi TA/PTA sudah tidak beroperasi lagi.

II.2 Uraian Tugas Khusus

II.2.1 Pendahuluan

II.2.1.1 Latar Belakang

PT Pertamina memiliki 7 kilang pengolahan minyak yang tersebar di seluruh Indonesia, saat ini terdapat 6 kilang milik Pertamina yang masih beroperasi untuk pengolahan minyak. Salah satu kilang Pertamina yang hingga kini masih beroperasi adalah *Refinery Unit (RU) III Plaju*. Kegiatan bisnis utama dari kilang ini adalah mengolah minyak mentah (*crude oil*) dan *intermediate product* seperti *alkylfeed*, *HSDC*, *slop oil*, *LOMC*, *Long residue*, dan *raw polypropylene* menjadi beberapa produk jadi. Kilang ini mengolahminyak bumi yang berasal dari Prabumulih dan Jambi dengan kapasitas desain sebesar 126.200 BPSD. Salah satu unit yang penting di RU III Plaju adalah *Crude Distiller Unit (CDU)*.

Crude Distiller Unit (CDU) terdiri dari beberapa unit Crude Distiller (CD), yaitu CD I, II, III, IV, V, dan Redistiller I/II. Proses pengolahan yang dilakukan pada CD II, III, IV, dan V dikenal dengan proses primer. Proses primer bertujuan untuk memisahkan komponen minyak mentah secara fisik dengan proses distilasi. *Crude Distiller IV (CD IV)* memiliki kapasitas produksi sebesar 4000 T/D dengan bahan baku yang berasal dari *cocktail*, Kaji/Ramba dan SPD/TAP sebagai main feed dan crude oil Arjuna yang ikut diinjeksikan bersamaan dengan main feed. Salah satu peralatan utama dalam Crude Distiller IV adalah dapur (furnace), yang berfungsi sebagai



penyedia energi utama untuk memanaskan feed agar mencapai pemanasan tertentu sebelum masuk pada kolom dan proses selanjutnya.

Salah satu variabel proses yang mempengaruhi *crude distillation unit* adalah flash zone temperature. Semakin tinggi flash zone temperatur maka semakin banyak yield produk yang dihasilkan dan sebaliknya. Flash zone temperatur diatur sedemikian rupa agar tidak terlalu tinggi karena dapat mengakibatkan terjadinya thermal decomposition/cracking pada umpan. Flash zone temperatur diatur secara tidak langsung oleh Combined Outlet Temperatur (COT) furnace. Furnace F-84-001 merupakan salah satu alat dapur pada CD IV, memiliki tipe double cabin dengan material carbon steel. Furnace ini menggunakan bahan bakar fuel gas/fuel oil dengan sistem balanced draft. Combined Outlet Temperatur (COT) dari furnace ini harus di kontrol agar menghasilkan proses yang optimum pada distilasi. Untuk perlu dilakukan evaluasi dengan mengetahui efisiensi alat furnace ini, evaluasi bertujuan untuk mengetahui apakah furnace telah beroperasi pada titik optimum dan efisien untuk menunjang proses operasi di *CD IV*. Oleh karena itu penulis mengambil judul **“Evaluasi Kinerja Furnace (F-84-001) Pada Crude Distillation Unit (CDU) IV PT Pertamina (Persero) Ru III”** .

II.2.1.2 Rumusan Masalah

- 1) Bagaimana kinerja furnace F-84-001 pada Crude Distiller (CD) IV PT. Pertamina (Persero) RU III?
- 2) Apa saja faktor yang dapat mempengaruhi kinerja furnace F-84-001 pada Crude Distiller (CD) IV PT. Pertamina (Persero) RU III?

II.2.1.3 Tujuan

- 1) Untuk mengetahui kinerja furnace F-84-001 pada Crude Distiller (CD) IV PT. Pertamina (Persero) RU III.
- 2) Untuk mengetahui faktor yang dapat mempengaruhi kinerja furnace F-84-001 pada Crude Distiller (CD) IV PT. Pertamina (Persero) RU III.

II.2.1.4 Manfaat

- 1) Dapat mengetahui kinerja dari furnace F-84-001 pada Crude Distiller (CD) IV PT. Pertamina (Persero) RU III.
- 2) Dapat mengetahui faktor yang dapat mempengaruhi kinerja furnace F-84-001 pada Crude Distiller (CD) IV PT. Pertamina (Persero) RU III.



- 3) Mengetahui kekurangan dan kelebihan dari furnace F-84-001 pada Crude Distiller (CD) IV PT. Pertamina (Persero) RU III.
- 4) Dapat mengetahui kelayakan furnace F-84-001 pada Crude Distiller (CD) IV PT. Pertamina (Persero) RU III.

II.2.2 Perpindahan Panas

Perpindahan panas dapat didefinisikan sebagai perpindahan kalor dari suatu daerah ke daerah lainnya sebagai akibat dari perbedaan temperatur antara kedua daerah tersebut. Dalam proses industri kimia proses perpindahan panas yang terjadi diantara fluida merupakan bagian terpenting. Proses perpindahan panas dari temperatur tinggi ke temperatur yang lebih rendah dapat terjadi secara konduksi, konveksi maupun radiasi. Perpindahan panas akan terjadi ketika dua benda dengan perbedaan suhu berkontak baik secara langsung maupun tidak langsung, pada hal ini panas akan mengalir sesuai prinsipnya yaitu dari benda temperatur tinggi ke temperatur yang rendah.

II.2.2.1 Mekanisme Proses Perpindahan Panas

Secara umum terdapat tiga mekanisme perpindahan panas yang berbeda, yaitu perpindahan panas secara konduksi, konveksi dan radiasi.

1) Perpindahan Panas secara Konduksi

Perpindahan panas secara konduksi adalah proses yang terjadi dimana panas akan mengalir dari daerah dengan temperatur tinggi ke daerah dengan temperatur lebih rendah di dalam satu medium (padat, cair atau gas) yang bersinggungan secara langsung tanpa adanya perpindahan molekul yang cukup besar menurut teori kinetik. Perpindahan panas secara konduksi juga dapat diartikan sebagai proses perpindahan panas antar molekul-molekul yang saling berdekatan tanpa diikuti oleh perpindahan molekul-molekul tersebut secara fisis. Perpindahan energi ini terjadi dengan adanya tumbukan elastic (*elastic impact*), misalnya pada fluida atau dengan adanya pembauran (*diffusion*) elektron, misalnya pada logam yang bergerak secara cepat dari daerah yang bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah. Konduksi merupakan satu-satunya mekanisme dimana panas dapat mengalir dalam zat padat yang tidak tembus oleh cahaya.

2) Perpindahan Panas secara Konveksi

Perpindahan panas secara konveksi terjadi karena adanya proses transport atau perpindahan molekul yang membawa panas. Dalam prosesnya perpindahan panas secara konveksi terjadi ketika molekul-molekul panas akan bergerak menjauhi sumber panas dan molekul yang



lebih dingin akan mendekati sumber panas. Perpindahan panas secara konveksi diklasifikasikan dalam 2 jenis yaitu:

a) Konveksi bebas (*free convection*)

Konveksi bebas merupakan proses perpindahan panas yang berlangsung secara alamiah, dimana molekul-molekul panas berpindah dengan sendirinya tanpa adanya bantuan dari luar yang mendorong terjadinya perpindahan molekul panas. Perpindahan molekul pada konveksi bebas terjadi karena adanya perbedaan kerapatan yang disebabkan oleh gradien suhu, sehingga molekul dengan kerapatan yang lebih rendah akan bergerak menjauhi sumber panas.

b) Konveksi paksa (*forced convection*)

Konveksi paksa merupakan proses perpindahan panas yang terjadi karena adanya bantuan tenaga dari luar yang mendorong terjadinya perpindahan molekul panas dalam suatu zat, misalnya pengadukan. Perpindahan molekul pada konveksi paksa terjadi ketika gerakan molekul panas disebabkan oleh suatu alat dari luar seperti pompa, kipas, atau stirer.

3) Perpindahan Panas secara Radiasi

Perpindahan panas secara radiasi merupakan proses perpindahan panas dari suatu media ke media akibat adanya perbedaan temperatur tanpa memerlukan media perantara. Semua benda memancarkan panas radiasi secara terus menerus, sehingga perpindahan panas dapat terjadi walaupun benda-benda itu terpisah di dalam ruangan, atau bahkan bila terdapat ruang hampa diantara benda-benda tersebut. Energi radiasi bergerak dengan kecepatan cahaya.

II.2.3 Pengertian Furnace

Furnace (dapur) merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk memanaskan cairan di dalam tube, dengan sumber panas yang berasal dari proses pembakaran yang menggunakan bahan bakar gas atau cairan secara terkendali di dalam burner. Biasanya tujuan pemanasan pada furnace yaitu agar diperoleh kondisi operasi (suhu) yang diinginkan pada proses berikutnya dalam suatu peralatan yang lain. Tube-tube pada furnace dipasang atau diatur sedemikian rupa, sehingga panas yang dihasilkan dari pembakaran dapat dimanfaatkan dengan efektif, hal ini dilakukan supaya proses pemanasan berlangsung secara optimal.

Rancangan suatu furnace harus diperhatikan dan dirancang sedemikian rupa agar panas yang dihasilkan dari pembakaran tidak terbuang ke udara, sehingga dihasilkan furnace dengan pemanfaatan panas hasil pembakaran dengan optimal. Panas yang dihasilkan tidak terbuang ke



udara, atau panas tidak hilang lewat dinding dan cerobong (*stack*) furnace. Hal ini berhubungan dengan struktur refraktori untuk dinding serta suhu gas buang dari pembakaran dan udara excess. Jika suhu stack dan udara excess tinggi maka akan semakin banyak panas yang hilang terbawa oleh flue gas

II.2.3.1 Prinsip Kerja Furnace

Furnace terdiri dari susunan beberapa tube yang berfungsi sebagai tempat mengalirnya fluida yang akan dipanaskan, api yang menyala akan memanaskan sisi luar tube yang selanjutnya panasa tersebut akan menyerap kedalam. Panas pada tube akan ditransferkan ke fluida yang mengalir di dalamnya. Proses penyerapan panas oleh fluida di dalam tube pada furnace terjadi dengan tiga cara yaitu: secara konduksi, konveksi dan radiasi. Perpindahan secara konduksi terjadi antara tube-tube yang telah menerima panas dari pembakaran, kemudian panas tersebut diserap oleh fluida yang ada didalamnya untuk selanjutnya menyebar ke seluruh aliran fluida. Perpindahan panas secara konveksi terjadi ketika gas hasil pembakaran yang panas akan bersinggungan terlebih dahulu dengan sisi tube sebelum keluar dari cerobong sehingga tube akan menerima transfer panas dari gas panas hasil pembakaran tersebut. Perpindahan secara radiasi terjadi ketika perpindahan panas dari cahaya api atau pancaran api yang mengenai tube, tube yang menerima nyala api ini disebut dengan radiation tube. Sebagian besar panas fluida dihasilkan dari proses radiasi ini yaitu berkisar 60-70%.

Furnace akan beroperasi dengan efisien dengan beberapa kondisi tertentu, yaitu: sistem penyalaan api burner baik, reaksi pembakaran berlangsung sempurna, panas pembakaran dari fuel gas dan fuel oil dapat tersalur dengan baik pada cairan yang dipanaskan, permukaan tube furnace bersih, dan dapat memperkecil panas yang hilang baik melalui stack/ cerobong maupun dinding furnace.

II.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Proses Operasi Furnace

II.3.1 Draft

Draft merupakan tekanan negatif yang terjadi didalam furnace yang disebabkan oleh adanya pengambangan gas didalam furnace. Pengambangan gas terjadi karena adanya pemanasan terhadap gas sehingga gas mengalami penurunan densitas. Gas yang panas memiliki densitas yang lebih kecil dibandingkan dengan udara diluar sehingga tekanan di dalam furnace menjadi negatif.



Pengembangan gas ini menyebabkan gas naik keatas dan keluar melalui stack, hal ini menghasilkan kondisi vacuum didalam furnace. Kondisi vacuum menyebabkan udara dari luar akan mengalir ke dalam furnace melalui register udara.

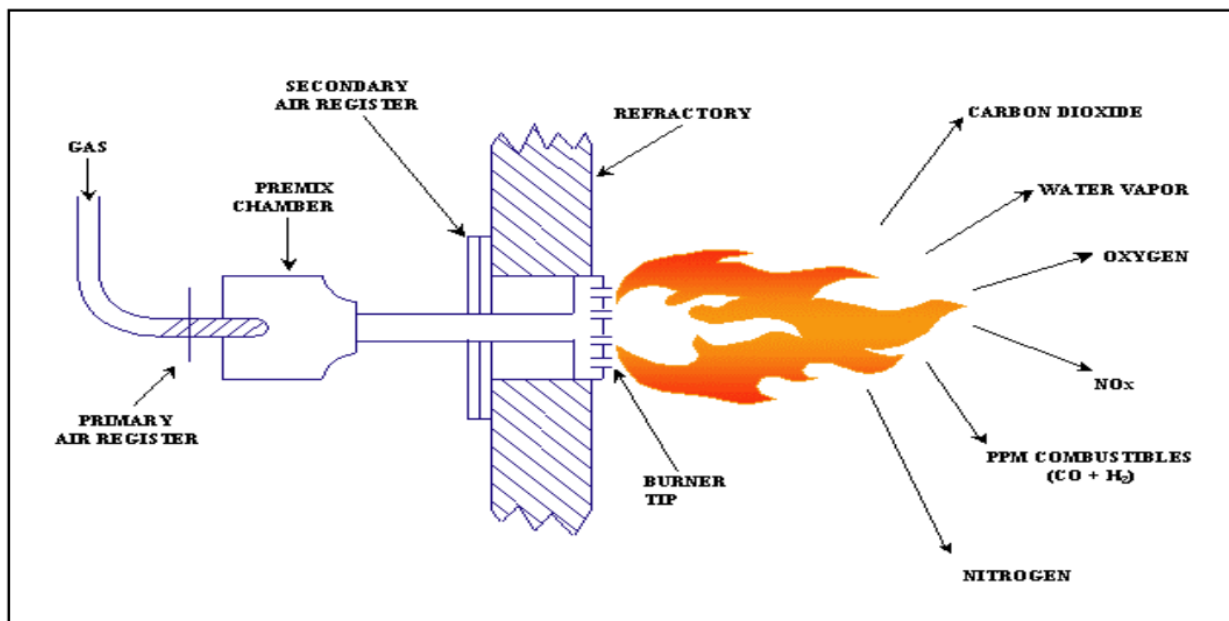
Tekanan udara atmosfer yaitu 14,7 psi. Tekanan negatif merupakan semau tekanan dibawah tekanan udara atmosfer. Perbedaan antara tekanan udara luar dan tekanan negatif akan menghasilkan draft. Draft biasanya diukur pada tiga tempat, yaitu di lantai firebox, sebelum bagian konveksi dan di bawah stack damper. Furnace draft b dapat dikontrol dengan posisi bukaan dumper pada stack. Damper yang terbuka memungkinkan lebih banyak flue gas mengalir keluar melewati stack. Banyaknya flue gas yang keluar akan menaikkan draft di dalam furnace. Kenaikan draft ditandai dengan kenaikan tekanan negatif. Jika dampet ditutup, aliran flue gas akan terblokir sehingga menyebabkan draft turun. Hal ini diukur sebagai penurunan tekanan negatif. Draft yang terlalu kecil akan menyebabkan burner mati dan mengakibatkan kerusakan pada struktur furnace, sedangkan draft yang terlalu besar akan menyebabkan jumlah excess air yang masuk ke dalam furnace terlalu besar sehingga menyebabkan pemborosan bahan bakar.

Tekanan draft di dalam furnace dapat diperoleh dengan tiga cara yang dikenal dengan sistem draft, yaitu forced draft, induced draft dan natural draft. Forced draft merupakan kondisi dimana udara untuk pembakaran masuk pada ruang dapur dengan bantuan tenaga mekanis seperti blower. Adanya tekanan udara dari blower menyebabkan tekanan udara didalam ruang pembakaran menjadi naik. Kelebihan tekanan akan keluar dari ruang dapur melalui stack. Induced draft yaitu ketika udara pembakaran masuk karena adanya tarikan atau isapan blower. Udara pada ruang pembakaran diisap oleh blower yang terdapat pada stack untuk selanjutnya mengalir keluar melalui stack. Akibat adanya isapan blower untuk mengeluarkan udara dalam ruang pembakaran, maka tekanan draft terjadi dan udara pembakaran akan masuk ke ruang pembakaran.

Natural draft yaitu ketika tekanan hampa dalam ruang dapur diperoleh secara lamiah karena ketinggian stack furncae. Hembusan angin yang melalui ujung permukaan stack akan menyebabkan terjadinya efek jetting diujung stack, adanya beda densitas dan tekanan udara antara lapisan bawah dan atas menyebabkan ruang di dalam furnace menjadi hampa. Hal ini karena udara di dalam ruang dapur akan tersedot efek jetting ujung stack keluar ke udara bebas melalui ujung stack. Karena ruang dapur kondisinya hampa, maka udara pembakaran akan masuk secara alamiah ke dalam ruang dapur.

II.3.2 Operasi Burner

Pada prinsipnya burner adalah transducer yang berguna untuk mengubah satu bentuk energi ke bentuk energi yang lain. Dalam kasus ini burner berfungsi untuk mengubah energi kimia yang terdapat dalam bahan bakar, menjadi energi panas di dalam furnace melalui suatu reaksi kimia dalam nyala api. Kunci utama burner adalah untuk membakar bahan bakar seefisien mungkin dan menghasilkan heat flux yang optimum. Pada premix burner konvensional, seperti terlihat pada Gambar 27, bahan bakar dicampurkan dengan udara primer yang mengalir ke dalam burner. Aliran udara primer harus dimaksimalkan tanpa menaikkan tinggi nyala api dalam burner. Udara primer mengalir dalam burner bersama-sama dengan bahan bakar. Jumlah udara sekunder yang masuk diatur dengan register udara. Suplai udara sekunder diatur untuk mendapatkan set point O₂ yang diinginkan. Setting burner yang benar dan ditambah dengan pencampuran udara dan bahan bakar yang baik akan menghasilkan suhu nyala api yang maksimal serta bentuk nyala yang baik (padat dan mengerucut). Udara sekunder yang terlalu banyak ataupun terlalu sedikit akan menghasilkan pembakaran yang buruk. Sejumlah kecil udara excess diperlukan untuk menghasilkan pembakaran yang sempurna, sebaliknya terlalu banyaknya udara excess akan menurunkan suhu nyala api dan efisiensi furnace.



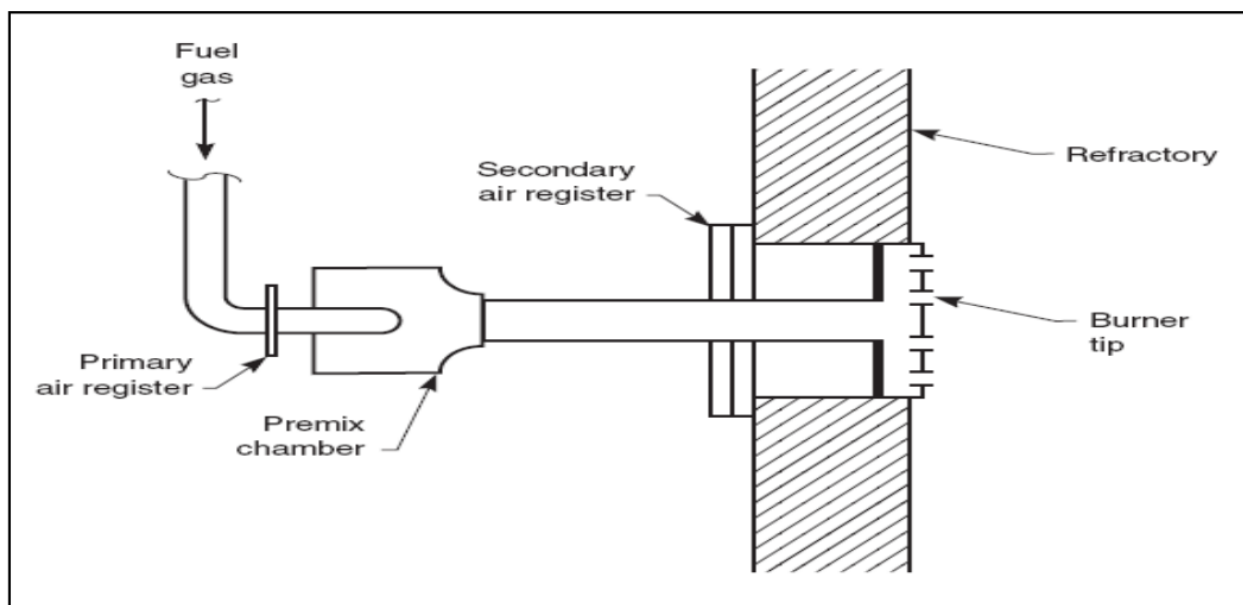
Gambar 27. Premix burner dan produk pembakaran
(Sumber : Kardjono, S.A., 2005)

II.3.3 Produksi Nox

Emisi NO_x merupakan isu yang sangat penting saat ini. Nox terbentuk akibat reaksi oksigen dengan nitrogen pada suhu nyala api yang tinggi. Udara excess yang rendah adalah cara yang paling sederhana untuk menurunkan pembentukan NO_x dan meningkatkan efisiensi. Semakin banyak udara excess, semakin banyak pula oksigen yang tersedia untuk memproduksi NO_x.

II.3.4 Efisiensi pencampuran udara dan bahan bakar

Fungsi dari burner adalah untuk mencampur oksigen dalam bentuk udara dengan bahan bakar, sehingga bahan bakar akan terbakar dengan efisien. Burner 46 tersedia dalam berbagai variasi desain, seluruh teknik desain dimaksudkan untuk memaksimalkan efisiensi pencampuran udara dan bahan bakar. Untuk desain yang terbaru lebih ditujukan untuk meminimalisir pembentukan polutan. Beberapa burner dipasang dengan air register primer dan sekunder, seperti premix burner yang ditunjukkan pada gambar 28. Udara masuk melalui primary air register bercampur lebih efisien diandingkan udara yang masuk melalui secondary air register pada beberapa burner. Dengan demikian kita harus memaksimalkan penggunaan udara primer. Dan kita dapat melakukannya secara bertahap dengan membuka primary air register sehingga nyala api mulai terangkat dari burner tip. Sisa kekurangan udara pembakaran akan disediakan melalui secondary air register.



Gambar 28. Skematik premix burner (Lieberman)



(Sumber : Kardjono, S.A., 2005)

2.6.3.5 Mengoptimalkan udara excess

Istilah optimasi excess air tidak mengacu pada operasi banyak sedikitnya jumlah oksigen.

Sebagai gantinya dengan mempertimbangkan hal-hal berikut yang berkaitan dengan heater anda, anda dapat mengoptimasi excess air :

1. Meminimalisir laju bahan bakar untuk suhu keluaran heater tertentu, selanjutnya mengoperasikan pada 0.5 s.d. 1 persen oksigen lebih tinggi
2. Memaksimalkan udara primer ke dalam burner dimana burner memiliki udara primer dan sekunder.
3. Mengatur draft untuk meminimalisir kebocoran udara pada saat maintain 47 tekanan negatif yang kecil pada entri bagian konveksi
4. Tutup bukaan pilot light, sight port, dan lubang-lubang lain di sekitar burner (udara pembakaran hanya bercampur dengan sempurna melalui burner air register)
5. Pada saat mengoperasikan pada penurunan laju penyalaan, matikan beberapa burner jika memungkinkan, burner akan bekerja lebih efisien jika beroperasi mendekati/pada kapasitas desainnya (jangan lupa untuk menutup air register pada burner yang tidak terpakai)
6. Minimalkan distribusi udara yang tidak merata pada firebox dengan mengatur air register pada individual burner. Aliran udara yang rendah pada satu bagian heater akan mempengaruhi kebutuhan oksigen yang lebih besar secara keseluruhan.
7. Jagalah burner tetap bersih, burner tip yang tersumbat akan menaikkan kebutuhan oksigen, lakukan pemeliharaan secara berkala untuk membersihkan burner
8. Perhatikan tampilan visual pada firebox

II.4 Jenis-Jenis Furnace

Ditinjau dari bentuk casingnya, tipe furnace yang umum digunakan pada kilang minyak ada tiga, yaitu furnace tipe box, silindris dan cabin.

II.4.1 Furnace Tipe Box

Furnace tipe ini memiliki konfigurasi struktur berbentuk box. Terdapat berbagai desain berbeda untuk furnace tipe box yang meliputi berbagai variasi dari konfigurasi tube coilnya, yaitu horizontal, vertikal, helikal dan arbor. Ukuran dan susunan tube dalam furnace tipe boc ditentukan



oleh tipe operasi heater, misalnya distilasi crude oil atau cracking, jumlah panas yang diperlukan dan jumlah aliran yang melalui tube. Furnace tipe box dapat berbentuk up-draft (arah flue gas ke atas) dan down-draft (arah flue gas ke bawah). Burner pada tipe ini juga dapat berbentuk burner gas atau burner oil yang ditempatkan di sisi dinding, di lantai, di atap atau kombinasinya.

II.4.2 Furnace Tipe Kabin

Furnace tipe kabin memiliki struktur berbentuk seperti kabin. Furnace tipe ini memiliki bagian konveksi dan bagian radiasi. Burner terletak pada lantai bawah dan nyala api tegak sejajar dengan dinding furnace. Tube-tube yang berada pada daerah radiasi biasanya tersusun secara horizontal namun juga terdapat tube yang tersusun secara vertikal. Dua barisan pipa terdapat pada bagian daerah konveksi merupakan shield (shield section). Shield section berfungsi sebagai pelindung pipa-pipa lainnya dari radiasi langsung yang muncul pada radiant section.

II.4.3 Furnace tipe Silinder Vertikal

Furnace silinder vertikal merupakan dapur yang berbentuk silinder tegak. Burner terletak pada lantai dapur dengan nyala api tegak sejajar dengan dinding furnace. Tube-tube furnace di daerah radiasi section terpasang tegak melingkar mengelilingi burner. Diantara bagian radiasi dan konveksi dipasang kerucut untuk menyempurnakan radiasi (radiating cone).