

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengerinan**

Pengerinan bertujuan untuk memperpanjang umur simpan dengan cara mengurangi kadar air suatu bahan agar tidak ditumbuhi oleh mikroorganisme pembusuk. Dalam proses pengerinan dilakukan pengaturan terhadap suhu, kelembaban (*humidity*) dan aliran udara. Dengan pengerinan kualitas produk dapat dipertahankan terhadap perubahan fisik dan kimiawi yang dipengaruhi oleh perubahan kadar air, sehingga mengurangi biaya penyimpanan, pengemasan dan juga biaya transportasi, selain itu produk kering dapat digunakan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan produk baru. Pengerinan merupakan salah satu cara untuk mengeluarkan atau menghilangkan sebagian air dari suatu bahan dengan cara menguapkan sebagian besar air yang dikandung melalui penguapan energi panas (Ari, 2007). Prinsip pengerinan biasanya akan melibatkan dua kejadian, yaitu panas harus diberikan pada bahan yang akan dikeringkan, dan air harus dikeluarkan dari dalam bahan.

Sumber energi untuk pengerinan berasal dari sinar matahari dan dari pembakaran limbah organik, limbah organik mempunyai beberapa kelebihan antara lain mudah didapatkan. Indonesia mempunyai banyak limbah organik seperti sabut kelapa, tempurung kelapa, kayu, bahan pangan dan lain-lain yang selain digunakan untuk memenuhi kebutuhan domestik juga diekspor dan menjadi tulang punggung penghasil devisa negara. Limbah organik seperti kayu bakar

bisa dimanfaatkan sebagai bahan bakar dalam proses pengeringan. Limbah organik adalah bahan sisa yang dihasilkan dari suatu kegiatan atau produksi, baik pada skala rumah tangga, industri, pertambangan, dan sebagainya. Limbah organik digunakan sebagai bahan bakar untuk menghasilkan panas dalam suatu pengeringan, limbah organik sebagai bahan bakar tambahan didasarkan atas beberapa pertimbangan, selain murah dan mudah didapat, energi kalor yang dihasilkan pun cukup besar tergantung dari jenis limbah organik yang digunakan. Panas pembakaran limbah organik merupakan salah satu alternatif untuk mengatasi unjuk kerja suatu alat pengeringan, ketika energi surya yang tidak stabil dan kondisi cuaca yang sewaktu-waktu bisa berubah.

Unjuk kerja dapat diartikan sebagai tingkat pencapaian hasil atau “*The degree of accomplishment*” (Rue and Byars, 1981). Sering pula disebut tingkat pencapaian tujuan suatu alat. Penilaian terhadap unjuk kerja atau disebut juga kinerja merupakan suatu kegiatan yang sangat penting. Penilaian dimaksud bisa dibuat sebagai masukan guna mengadakan perbaikan untuk peningkatan kinerja suatu alat pada waktu berikutnya. (Mac Donald and Lawton, 1977). Unjuk kerja juga disebut sebagai pengukuran *output* atau hasil dari suatu alat.

### **2.1.1 Mekanisme Pengeringan**

Udara yang terdapat dalam proses pengeringan mempunyai fungsi sebagai pemberi panas pada bahan, sehingga menyebabkan terjadinya penguapan air. Fungsi lain dari udara adalah untuk mengangkut uap air yang dikeluarkan oleh bahan yang dikeringkan. Kecepatan pengeringan akan naik apabila kecepatan udara ditingkatkan. Kadar air akhir apabila mulai mencapai kesetimbangannya,

maka akan membuat waktu pengeringan juga ikut naik atau dengan kata lain lebih cepat. (Muarif, 2013).

#### a. Proses Perpindahan Panas

Proses perpindahan panas terjadi karena adanya perbedaan suhu udara pengering dengan suhu bahan yang dikeringkan, dimana suhu udara pengering lebih tinggi dari suhu bahan. Panas yang dialirkan melalui udara pengering akan meningkatkan suhu bahan, sehingga air dalam bahan berubah menjadi uap air.

#### b. Proses Perpindahan Massa Uap Air

Peningkatan suhu bahan karena proses perpindahan panas akan menyebabkan tekanan uap air di dalam bahan lebih tinggi dari tekanan uap air pada udara pengering, sehingga terjadi perpindahan uap air bahan ke udara.

Kelembaban relatif udara pengering akan turun dengan adanya peningkatan suhu udara pengering, Hal ini menyebabkan kelembaban relatif udara pengering lebih rendah dari kelembaban relatif bahan. Selanjutnya panas yang dialirkan ke permukaan bahan akan meningkatkan tekanan uap air bahan sehingga tekanan uap air bahan lebih tinggi dari tekanan uap air udara pengering.

Dengan kondisi demikian akan terjadi perpindahan massa uap air dari bahan ke udara pengering dan disebut sebagai proses penguapan. Proses penguapan air dari bahan akan terus berlangsung sampai terjadi kesetimbangan tekanan uap air antara bahan dengan pengering.

Pengaruh temperatur dan humiditas udara pengeringan terhadap pelepasan uap air adalah saling berhubungan. Semakin tinggi temperatur udara diikuti

dengan humiditas udara yang lebih rendah pada volume udara tertentu akan meningkatkan kapasitasnya dalam mengikat uap air.

Temperatur udara yang lebih tinggi menambah kemungkinan perpindahan panas pada produk. Ketika yang terakhir ini terjadi, tekanan uap didalam produk meningkat dan evaporasi uap air dari permukaan menjadi lebih mudah. (Menon and Mujumdar, 1987).

Ketika penguapan berlangsung dan kandungan uap air pada volume tetap terus bertambah, kapasitas udara untuk mengakomodir lebih banyak uap semakin berkurang. Oleh karenanya udara jenuh disekitar produk harus segera digantikan dengan menetapkan kondisi tertentu untuk temperatur dan humiditas udara, maka jumlah uap air yang dihilangkan tergantung pada volume udara yang dibawa pada kontak dengan produk. Ketika evaporasi uap air tidak terbatas, menjaga atau meningkatkan laju aliran udara dapat menjamin keberlangsungan proses pengeringan.

Prinsip pengeringan biasanya akan melibatkan dua kejadian, yaitu panas harus diberikan pada bahan yang akan dikeringkan, dan air harus dikeluarkan dari dalam bahan. Dua fenomena ini menyangkut perpindahan panas ke dalam dan perpindahan massa keluar. Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam kecepatan pengeringan adalah:

- a. Luas permukaan
- b. Perbedaan suhu sekitar
- c. Kecepatan aliran udara
- d. Tekanan Udara

### 2.1.2 Kandungan Air

Kandungan air yang terdapat dalam bahan terutama hasil pertanian terbagi menjadi 2 bagian, yaitu air yang terdapat dalam keadaan bebas (*free water*) dan air yang terdapat dalam keadaan terikat (*bound water*). Air bebas adalah selisih antara kadar air suatu bahan pada suhu dan kelembaban tertentu dengan kadar air kesetimbangan pada suhu dan kelembaban yang sama. Air bebas umumnya terdapat pada bagian permukaan bahan. Air terikat adalah air yang dinakdung oleh suatu bahan yang berada salam kesetimbangan tekanan uap kurang dari cairan murni pada suhu yang sama. Air terikat terdapat pada bahan dalam keadaan terikat secara fisis dan kimia (Sutijahartini, 1985).

Untuk menguapkan air dari bahan pangan diperlukan energi penguapan. Besarnya energi penguapan untuk air terikat secara fisis, dan energi penguapan yang paling besar adalah energi penguapan untuk air terikat secara kimia. Pada proses pengeringan, air yang pertama kali diuapkan adalah air bebas, dilanjutkan dengan air terikat. Air yang dapat diuapkan tersebut dinamakan *vaporable water* (Sutijahartini, 1985).

Kadar air suatu bahan merupakan persentase berat air yang terdapat didalamnya terhadap berat bahan keseluruhan. Kadar air dapat dinyatakan dengan dua cara, yaitu kadar air berdasarkan bahan kering (*dry basis*) dan kadar air berdasarkan bahan basah (*wet basis*). Dalam proses pengeringan suatu bahan kadar air memegang peranan penting karena sangat berpengaruh terhadap lama pengeringan, jalannya proses pengeringan, perubahan yang terjadi pada bahan dan alat pengering selama proses pengeringan berlangsung (Hall, 1957). Kecepatan

pengeringan dari suatu bahan adalah banyaknya kandungan air yang dapat dipindahkan atau diuapkan tiap satuan waktu pengeringan

### **2.1.3 Kelembaban Udara**

Kelembaban udara mempengaruhi kemampuan udara untuk memindahkan uap. Secara umum, kelembaban udara adalah ukuran kandungan air di udara. Kelembaban udara dapat dinyatakan dalam dua pengertian yang berbeda yaitu kelembaban relatif dan kelembaban mutlak.

Kelembaban mutlak adalah massa uap air dalam tiap satuan massa udara kering, dinyatakan oleh satuan massa uap air per satuan massa udara kering. Kelembaban udara relatif adalah perbandingan kelembaban udara tertentu dengan kelembaban udara jenuh pada kondisi dan tekanan yang sama. Perbandingan ini dinyatakan dalam persentase kejenuhan dengan 100% untuk udara jenuh dan 0% untuk udara benar-benar kering (John Willey & Sons, New York, 1991).

## **2.2 Jenis-Jenis Alat Pengering Ikan**

Ada pun beberapa jenis alat pengering ikan yang telah di temukan antara lain adalah sebagai berikut.

- a. Alat pengering ikan tenaga surya sistem bongkar pasang.

Alat pengering tenaga surya dengan sistem bongkar-pasang ini dirancang untuk bisa digunakan di luar ruangan dengan bantuan energi pengeringan sinar matahari/tenaga surya serta aman dari serangga dan debu dan bila diperlukan bisa juga digunakan untuk proses pengeringan dengan bantuan energi panas dari kompor.

Kelebihan lain juga dari rancangan alat ini adalah bisa dengan mudah untuk dipindah- pindahkan karena proses bongkar-pasangnya sangat mudah dilakukan, bahkan dengan 1 (satu) orang alat ini bisa dibongkar-pasang. Apabila diperlukan alat ini bisa hanya menggunakan satu atau dua rak saja dalam proses pengeringan, tergantung pada kebutuhan atau jumlah bahan yang akan dikeringkan. Ada pun alat pengering ikan tenaga surya sistem bongkar pasang dapat dilihat pada (gambar 2.1)



Gambar : 2.1 alat pengering ikan tenaga surya sistem bongkar pasang. (sumber : Youce, Jongky, dan Hens Onibala, 2013)

Suhu maksimal dalam alat pengering sampai  $50^{\circ}\text{C}$  dengan suhu luar maksimal  $38^{\circ}\text{C}$

Pada pengeringan ikan selama 14 jam dengan suhu rata-rata  $45^{\circ}\text{C}$  dapat menurunkan kadar air ikan sampai  $37^{\circ}\text{C}$  dan dengan nilai

organoleptik >7. Hal ini sesuai dengan SNI yaitu kadar air maksimal 40% dan nilai organoleptik minimal 7.

b. Alat Pengering Ikan Dengan Memanfaatkan Energi Briket Batu Bara

Energi panas dari briket yang merupakan salah satu bentuk energi alternatif yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan industri besar dan industri rumah tangga salah satunya digunakan untuk mengeringkan hasil perikanan dan hasil pertanian. Alat pengering yang menggunakan briket sebagai bahan bakar pada proses pengeringan meningkatkan kualitas produk yang dikeringkan karena tidak tergantung pada cuaca. Prosesnya sangat sederhana yaitu dengan meletakkan produk di alat pengering dan briket batubara berfungsi sebagai sumber panas untuk mengeringkan produk. Penelitian menghasilkan laju pengeringan rata – rata yaitu sebesar 1,9235 gram/menit dan mendapatkan pengurangan kadar air terbesar yaitu mencapai 70% serta efisiensi pengeringan rata – rata yaitu 1,3255%. Ada pun alat pengering ikan dengan menggunakan briket batu bara dapat dilihat pada (gambar 2.2)



Gambar 2.2 Alat Pengering Ikan Dengan Memanfaatkan energi Briket Batu Bara (*sumber :Aneka Firdaus, 2016*)

Laju pengeringan pada variasi konsumsi bahan bakar 1, 2, dan 3 kg selama 1 jam yaitu 2,5 g/menit, 4,67 g/menit, dan 5,67 g/menit, pada variasi konsumsi bahan bakar 1, 2, dan 3 kg selama 2 jam yaitu 1,59 g/menit, 2,259 g/menit, dan 2,647 gr/menit, dan pada variasi konsumsi bahan bakar 1 kg, 2 kg, dan 3 kg selama 3 jam yaitu 1,11 g/menit, 1,67 g/menit, dan 1,94 g/menit

Pengurangan kadar air tertinggi terletak pada variasi konsumsi bahan bakar 3 kg selama 1 jam yaitu 70%, dan pada variasi konsumsi bahan bakar 1, 2, dan 3 kg selama 2 jam berkisar 36% - 64%, dan pengurangan kadar air terendah pada variasi konsumsi bahan bakar 1 kg selama 1 jam yaitu 30%.

Efisiensi pengeringan pada alat pengeringan ikan dengan menggunakan variasi konsumsi bahan bakar yang tetap yaitu 1, 2, dan 3 kg selama 1 jam sebesar 1,098% - 1,883% lebih tinggi dibandingkan dengan variasi konsumsi bahan bakar selama 2 jam yang berkisar 1,010% - 1,694%, dan selama 3 jam mempunyai 0,980% - 1,430%.

Kalor pengeringan selama 3 jam pengeringan dengan variasi konsumsi bahan bakar 3 kg sebesar 810,4355 kJ lebih tinggi dibandingkan dengan konsumsi bahan bakar 1, 2, dan 3 kg selama 2 jam yaitu 416,7954 kJ, 625,6492 kJ, dan 740,9696 kJ, dan pada variasi konsumsi bahan bakar 1, 2, 3 kg selama 3 jam energi kalor pengeringannya yaitu 347,3295 kJ, 578,8825 kJ, dan 713,8143 kJ

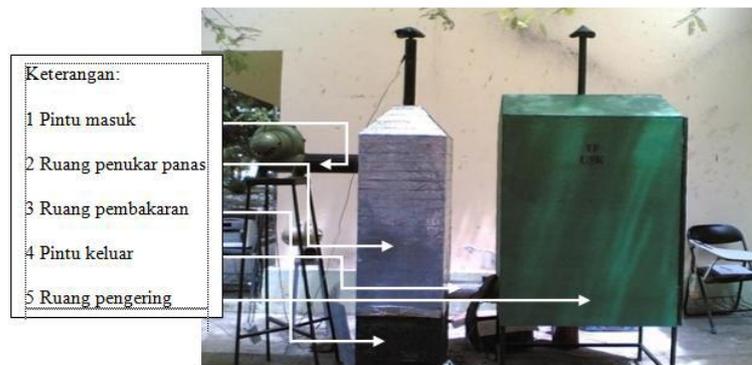
c. Alat Pengering Tipe Rak (*Tray Dryer*)

*Tray dryer* atau alat pengering tipe rak, mempunyai bentuk persegi dan didalamnya berisi rak-rak, yang digunakan sebagai tempat bahan yang akan dikeringkan. Pada umumnya rak tidak dapat dikeluarkan. Beberapa alat pengering jenis ini rak-raknya mempunyai roda sehingga dapat dikeluarkan dari alat pengeringnya. Bahan diletakan di atas rak (*tray*) yang terbuat dari logam yang berlubang. Kegunaan lubang-lubang tersebut untuk mengalirkan udara panas.

Luas rak dan besar lubang-lubang rak tergantung pada bahan yang dikeringkan. Apabila bahan yang akan dikeringkan berupa butiran halus, maka lubangnya berukuran kecil. Selain alat pemanas udara, biasanya juga digunakan juga kipas (*fan*) untuk mengatur sirkulasi udara dalam alat pengering. Udara yang telah melewati kipas masuk ke dalam alat pemanas, pada alat ini udara dipanaskan lebih dulu kemudian disalurkan diantara rak-rak yang sudah berisi bahan. Arah aliran udara panas didalam alat pengering bisa dari atas ke bawah dan bisa juga dari bawah ke atas, sesuai dengan dengan ukuran bahan yang dikeringkan. Untuk menentukan arah aliran udara panas ini maka letak kipas juga harus disesuaikan.

Sir Anderson (2006) telah melakukan kajian pengeringan Tipe Rak (*Tray Dryer*) terhadap kopra, dengan memodifikasi tungku pembakaran menggunakan elemen pemanas pipa-pipa tembaga, dan energi bahan bakar menggunakan kompor gas minyak tanah. suhu dalam ruang pengering berkisar antara 51 – 76°C kurang dari 1 jam. Suhu yang keluar dari alat

pengering melalui cerobong berkisar 68–76°C. Dan Sir Anderson mengatakan mendapatkan suhu rata-rata ruang pengering 65°C, waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan kopra dengan kadar air 53,18% menjadi kopra dengan kadar air 6,84% adalah selama 14 jam, dan kapasitas alat rata-rata untuk mengeringkan kopra 1,06 kg/jam. Gambar Alat Pengering Tipe Rak (*Tray Dryer*) dapat dilihat pada (gambar 2.4)



Gambar 2.4 Alat Pengering Tipe Rak (*Tray Dryer*)

( Sumber : Refli Safrizall, Hendri Sya dan Rita Khathir, 2012)

#### d. Pengering Surya

Alat Pengering surya ini terdiri atas kolektor surya, ruang pengering, saluran udara, blower dan cerobong. Selain itu, juga disediakan tempat untuk pemanas tambahan, yang berfungsi sebagai sumber panas cadangan jika cuaca mendung atau untuk pengeringan pada malam hari.

Endri Yani (2009) telah melakukan kajian pengeringan surya aktif tidak langsung terhadap ikan nila, Efisiensi pengeringan ikan nila yang didapatkan tidak begitu tinggi, yaitu bervariasi antara 0,5% sampai dengan 8,16%. Dan temperatur pengeringan tertinggi 50°C, dengan kecepatan

aliran udara untuk melakukan proses pengeringan antara 1,5–2,0 m/s. Gambar Alat Pengering Surya Aktif Tidak Langsung dapat dilihat pada (gambar 2.5)



Gambar 2.5 Alat Pengering Surya Aktif Tidak Langsung  
(Sumber : Endri Yani, 2009)

## 2.2 Klasifikasi Pengering

Pengeringan dimana zat padat bersentuhan langsung dengan gas panas (biasanya udara) disebut pengeringan adiabatik (*adiabatic dryer*) atau pengeringan langsung (*direct dryer*). Bila perpindahan kalor berlangsung dari suatu medium luar dinamakan pengering nonadiabatik atau pengering tak langsung. Pada beberapa unit terdapat gabungan pengeringan adiabatik dan nonadiabatik, pengering ini biasa disebut pengering langsung-tak-langsung (*direct-indirect-dryer*).

Berdasarkan cara penanganan zat padat didalam pengering, klasifikasi pengeringan dikelompokkan menjadi :

a. Pengering Adiabatik

Dalam pengeringan adiabatik, zat padat kontak langsung dengan gas panas dibedakan atas : (McCabe, 1985)

1. Gas dihembuskan melintas permukaan hamparan atau lembaran zat padat, atau melintas pada satu atau kedua sisi lembaran. Proses ini disebut pengeringan dengan sirkulasi silang
2. Zat padat disiramkan kebawah melalui suatu arus gas yang bergerak perlahan-lahan keatas. Proses ini disebut penyiraman didalam pengering putar.
3. Gas dialirkan melalui zat padat dengan kecepatan yang cukup untuk memfluidisasikan hamparan.
4. Zat padat seluruhnya dibawah ikut dengan arus gas kecepatan tinggi dan diangkut secara *pneumatic* dari piranti pencampuran kepemisah mekanik.

b. Pengering Non Adiabatik

Dalam pengering non adiabatik, satu-satunya gas yang harus dikeluarkan ialah uap air atau uap zat pelarut, walaupun kadang-kadang sejumlah kecil “gas penyapu” (biasanya udara atau nitrogen) dilewatkan juga melalui unit itu. (McCabe, 1985). Pengering-pengering adiabatik dibedakan terutama menurut zat padat yang kontak dengan permukaan panas atau sumber panas kalor lainnya yang terbagi atas :

1. zat padat dihamparkan diatas suatu permukaan horizontal yang stasioner atau bergerak lambat. Pemanasan permukaan itu dapat dilakukan dengan listrik atau dengan fluida perpindahan kalor seperti

uap air panas. Pemberian kalor itu dapat pula dilakukan dengan pemanas radiasi yang ditempatkan diatas zat padat itu.

2. Zat padat itu bergerak diatas permukaan panas, yang biasanya berbentuk silinder, dengan bantuan pengaduk atau konveyor sekrup (*screw konveyor*).
3. Zat padat menggelincir dengan gaya gravitasi diatas permukaan panas yang miring atau dibawa naik bersama permukaan itu selama selang waktu tertentu dan kemudian diluncurkan lagi ke suatu lokasi yang baru.

#### **2.4 Pengelompokan Alat Pengering**

Jenis bahan yang akan dikeringkan, mutu hasil akhir yang dikeringkan dan pertimbangan ekonomi mempengaruhi pemilihan alat dan kondisi pengering yang akan digunakan misalnya untuk jenis bahan padatan atau yang berbentuk lempeng maka alat yang sesuai untuk mengeringkan bahan tersebut adalah pengering Kabinet atau *tray dryer*, *oven* dan *rotary dryer*, sedangkan bahan yang berbentuk pasta alat yang sesuai untuk mengeringkan adalah pengering drum (Brennan et, al, 1974 dan novilia, 2006). Ada beberapa kriteria yang digunakan untuk mengelompokkan alat pengering, seperti pada tabel 2.1

**Tabel 2.1 Pengelompokan Mesin Pengering**

<b>Kriteria</b>	<b>Jenis</b>
<b>modus Operasi</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Batch</i>. Contohnya: <i>try and compartment dryer, through circulation dryer, vacuum rotary dryer, vacuum tray dryer</i>.</li> <li>2. <i>Kontinyu</i>. Contohnya : <i>pneumatic dryer, tunnel dryer, rotary dryer, fluidized bed dryer, drum dryer, cylinder dryer, tray dryer, spray dryer</i>.</li> </ol>
<b>Metode pindah panas</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Konduksi</i>. Contohnya : <i>belt conveyor dryer, rotary dryer flash dryer, spray dryer, tray dryer, fluidized bed dryer</i></li> <li>2. <i>Konveksi</i>. Contohnya : <i>drum dryer, vacuum tray dryer, steam jacket rotary dryer</i></li> <li>3. <i>Radiasi</i>. Contohnya : <i>microwave</i></li> </ol>
<b>Tekanan Operasi</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Vakum</i>. Contohnya: <i>vacuum rotary dryer, vacuum tray dryer freeze dryer</i></li> <li>2. <i>Tekanan atmosfer</i>. Contohnya : <i>rotary dryer, tunnel dryer, drum dryer, cylinder dryer, tray dryer, spray dryer</i>.</li> </ol>
<b>Waktu bahan dalam mesin pengering</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Singkat (&lt; 1 menit )</i>. Contohnya : <i>flash dryer, spray dryer, drum dryer</i>.</li> <li>2. <i>Sedang (1-120 menit)</i> <i>belt conveyor dryer, fluidized bed dryer, rotary dryer, tray dryer</i></li> <li>3. <i>Panjang (&gt; 120 menit )</i>. Contohnya : <i>Tray Dryer (Batch)</i></li> </ol>

(Sumber : Mujumdar dan Menon, *Pengelompokan Mesin Pengering*, 1995)

## 2.5 Pengering Ikan

Ikan patin merupakan sekelompok ikan berkumis (siluriformes) yang tersuk dalam genus *Pengasius*, ikan patin merupakan ikan yang bernilai ekonomis tinggi. Ikan patin merupakan bahan pangan dengan kandungan protein yang tinggi, yaitu sebanyak 159 gr, fillet ikan patin 24,7 gr. Nilai protein daging ikan patin tergolong tinggi mencapai 14,53%, kandungan gizi lainnya, lemak 1,03%, abu 0,74%, dan air 82,22%. Berat ikan setelah disiangi sebesar 79,7% dari berat awal, dan kandungan air pada kering yang baik berkisar 8-10% (Afrianto E, dan E. Liviawaty, 1989.) Ada pun gambar ikan patin dapat dilihat pada (gambar 2.6.)



Gambar 2.6. Ikan Patin

## 2.6 Bahan Bakar

Bahan bakar adalah materi yang bisa diubah menjadi energi. Biasanya bahan bakar mengandung energi panas yang dapat dilepaskan dan dimanipulasi. Kebanyakan bahan bakar digunakan manusia melalui proses pembakaran (*reaksi redoks*) dimana bahan bakar tersebut akan melepaskan panas setelah di reaksikan dengan oksigen di udara (Fitria Yulistiani, 2009).

Bahan bakar memiliki beberapa jenis berdasarkan bentuk dan wujudnya antara lain :

1. Bahan bakar padat, merupakan bahan bakar berbentuk padat, dan kebanyakan menjadi sumber energi panas yang dihasilkan bisa digunakan untuk memanaskan air menjadi uap untuk menggerakkan peralatan dan menyediakan energi.
2. Bahan bakar cair, adalah bahan bakar yang strukturnya tidak rapat, jika dibandingkan dengan bahan bakar padat molekulnya dapat bergerak bebas. Contoh bahan bakar cair yaitu : *gasoline/carosine/premium*, minyak solar

dan minyak tanah. Bahan bakar cair biasanya dipakai dalam industri, transportasi maupun rumah tangga.

3. Bahan bakar gas, ada dua jenis yakni *Compressed Natural Gas* (CNG) dan *Liquid petroleum Gas* (LPG). CNG pada dasarnya terdiri dari metana sedangkan LPG adalah campuran dari *propane*, *butane* dan bahkan Kimia lainnya.

Dari jenis-jenis bahan bakar diatas ada yang bersifat berkelanjutan dan tidak berkelanjutan. Contoh bahan bakar berkelanjutan adalah biomassa yang sangat berpotensi di Indonesia untuk dijadikan bahan bakar alternatif. Sedangkan untuk bahan bakar yang tidak berkelanjutan yaitu migas dan batu bara. (Fitria Yulistiani, 2009).

Tujuan dari proses pembakaran pada bahan bakar adalah untuk memperoleh energi panas (*heat energi*). Hasil pembakaran bahan bakar yang berupa energi panas dapat di ubah kebentuk energi lain, misalnya: energi untuk penerangan, energi mekanis, dan sebagainya.

Dari hasil pembakaran bahan bakar akan di dapatkan suatu bentuk energi yang disesuaikan dengan kebutuhan. Energi alternatif adalah istilah yang merujuk kepada semua energi yang dapat digunakan dan bertujuan untuk menggantikan bahan bakar konvensional tanpa akibat yang tidak diharapkan dari hal tersebut. Umumnya, istilah ini digunakan untuk mengurangi penggunaan bahan bakar hidrokarbon yang mengakibatkan kerusakan lingkungan akibat emisi karbon

dioksida yang tinggi, yang berkontribusi besar terhadap pemanasan global (Abide Sito Mura, 2015).

### **2.6.1 Tempurung Kelapa**

Tempurung kelapa merupakan bagian buah kelapa yang fungsinya secara biologis adalah pelindung inti buah dan terletak di bagian sebelah dalam sabut dengan ketebalan berkisar antara 3 – 6 mm. Tempurung kelapa dikategorikan sebagai kayu keras tetapi mempunyai kadar lignin yang lebih tinggi dan kadar selulosa lebih rendah dengan kadar air sekitar enam sampai sembilan persen (dihitung berdasarkan berat kering) dan terutama tersusun dari *lignin*, *selulosa* dan *hemiselulosa* (Tilman, 1981). Apabila tempurung kelapa dibakar pada temperatur tinggi dalam ruangan yang tidak berhubungan dengan udara maka akan terjadi rangkaian proses penguraian penyusun tempurung kelapa tersebut dan akan menghasilkan arang, destilat, tar dan gas. Destilat ini merupakan komponen yang sering disebut sebagai asap cair (Pranata, 2008).

Tempurung kelapa termasuk golongan kayu keras dengan kadar air sekitar enam sampai sembilan persen (dihitung berdasar berat kering), dan terutama tersusun dari *lignin*, *selulosa* dan *hemiselulosa*. Data komposisi kimia tempurung kelapa dapat kita lihat pada tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Komposisi Kimia Tempurung Kelapa

Komponen	Presentase (%)
<i>Selulosa</i>	26,6
<i>Hemiselulosa</i>	27,7
<i>Lignin</i>	29,4
Abu	0,6
Komponen Ekstraktif	4,2
<i>Uronat Anhidrat</i>	3,5
Nitrogen	0,1
Air	8,0

(Sumber : Suhardiyono, komposisi kimia tempurung kelapa, 1988)

## 2.7 Furnace (Tungku Pembakaran)

*Furnace* adalah alat tempat terjadinya pembakaran suatu bahan bakar (*oil* atau *gas*) dimana gas hasil pembakaran tersebut dimanfaatkan panasnya untuk memanaskan suatu bahan. *Furnace* berfungsi untuk memindahkan panas (*kalor*) yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar yang berlangsung dalam suatu ruang pembakaran (*combustion chamber*) ke fluida yang dipanaskan dengan mengalirkannya melalui pipa-pipa pembuluh (*tube*). Tujuan dari pemindahan panas hasil pembakaran ke *fluida* adalah agar tercapai suhu operasi yang diinginkan pada proses berikutnya. Sumber panas *furnace* berasal dari pembakaran antara bahan bakar cair (*fuel oil*) atau bahan bakar (*fuel gas*) dengan udara yang panasnya digunakan untuk memanaskan *crude oil* yang mengalir didalam tube.

*Furnace* memiliki struktur bangunan yang dindingnya terbuat dari material tahan api, seperti batu isolasi, dan *refractory* yang fungsinya untuk mencegah kehilangan panas serta dapat menyimpan sekaligus memantulkan panas radiasi kembali ke permukaan *tube* yang dikenal dengan "*Fire Box*" atau "*Combustion*

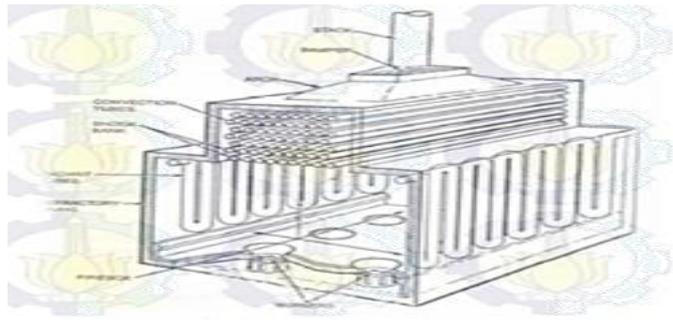
*Chamber*”. *Furnace* pada dasarnya terdiri dari sebuah ruang pembakaran yang menghasilkan sumber kalor untuk diserap kumparan pipa yang didalamnya mengalir *fluida*. Dalam konstruksi ini pipa dipasang dibagian atas api atau pembakaran menyalurkan gas hasil bakar (*flue gas*) dari ruang bakar ke cerobong asap (*stack*). Perpindahan kalor di ruang pembakaran terutama terjadi karena radiasi disebut seksi radiasi (*radiant section*), sedangkan di saluran gas hasil pembakaran terutama oleh konveksi disebut seksi konveksi (*convection section*). Untuk mencegah supaya gas buangan tidak terlalu cepat meninggalkan ruang konveksi maka pada cerobong sering kali dipasang penyekat (*damper*). Perpindahan panas kalor melalui pembuluh dikenal sebagai konduksi. (Putri, 2012)

### **2.7.1. Tipe *Furnace***

*Furnace* memiliki beberapa jenis atau tipe. Jenis-jenis *furnace* tersebut terdiri dari (Putri, 2012) :

#### a. Tipe *Box (Box Furnace)*

Dapur tipe *box* mempunyai bagian *radiant* dan konveksi yang dipisahkan oleh dinding batu tahan api yang disebut *bridge wall*. *Burner* dipasang pada ujung dapur dan api diarahkan tegak lurus dengan pipa atau dinding samping dapur (api sejajar dengan pipa). Ada pu *furnace box* dapat dilihat pada gambar 2.7



Gambar 2.7 *Furnace Box*

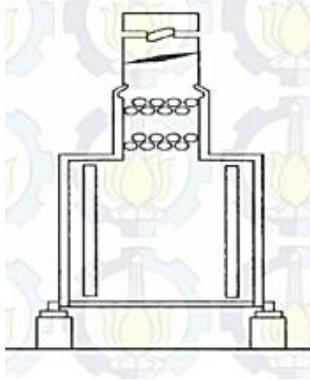
(Sumber Ir.Musfil Ahmad Syukur, M.Eng.Sc,2012)

Aplikasi dapur tipe *box* :

1. Beban kalor berkisar 60-80 Btu/Jam atau lebih.
2. Dipakai untuk melayani unit proses dengan kapasitas besar.
3. Umumnya bahan bakar yang dipakai adalah *fuel oil*.
4. Dipakai pada instalasi-instalasi tua, adakalanya pada instalasi baru yang mempunyai persediaan bahan bakar dengan kadar abu (*ash*) tinggi.

b. Tipe Silindris Tegak (*Vertical*)

*Furnace* ini mempunyai bentuk konstruksi silinder dan bentuk alas (lantai) bulat. *Tube* dipasang *ertical* ataupun *konikal*. Burner dipasang pada lantai sehingga nyala api tegak lurus ke atas sejajar dengan dinding *furnace*. *Furnace* ini dibuat dengan atau tanpa ruang konveksi. Jenis pipa pemanas yang dipasang diruang konveksi biasanya menggunakan *finned tube* yang banyak digunakan pada *furnace* dengan bahan bakar gas. Adapun *furance* silinder vertikal dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 *Furnace* Silinder Vertikal

(Sumber Ir.Musfil Ahmad Syukur, M.Eng.Sc,2012)

Aplikasi dapur tipe silindris :

1. Digunakan untuk pemanasan *fluida* yang mempunyai perbedaan
2. suhu antara *inlet* dan *outlet* tidak terlalu besar atau sekitar 2000F (900C).
3. Beban kalor berkisar antara 10 s.d. 200 gj/jam.
4. Umumnya dipakai pemanas fluida umpan reaktor.

## 2.8 Proses Pembakaran

Pembakaran merupakan oksidasi cepat bahan bakar disertai dengan produksi panas, atau panas dan cahaya. Pembakaran sempurna bahan bakar terjadi hanya jika ada pasokan oksigen yang cukup. Dalam setiap bahan bakar, unsur yang mudah terbakar adalah karbon, hidrogen dan sulfur.

Tujuan dari pembakaran yang baik adalah melepaskan seluruh panas yang terdapat dalam bahan bakar. Hal ini dilakukan dengan pengontrolan “tiga T” yaitu:

a. Temperatur

Temperatur yang digunakan untuk pembakaran yang baik harus cukup tinggi sehingga dapat menyebabkan terjadinya reaksi kimia.

b. Turbulensi

Turbulensi yang tinggi menyebabkan terjadinya pencampuran yang baik antara bahan bakar dan pengoksidasi.

c. *Time*

Waktu harus cukup agar input panas dapat terserap oleh reaktan sehingga berlangsung proses termokimia.

## **2.9 Blower**

*Blower* adalah mesin atau alat yang digunakan untuk menaikkan atau memperbesar tekanan udara atau gas yang akan dialirkan dalam suatu ruangan tertentu. beberapa jenis aliran yang diciptakan dalam *blower* yaitu sebagai berikut:

### 2.9.1 *Blower* Aliran Aksial

*Fan* aliran aksial dirancang untuk menangani laju alir yang sangat tinggi dan tekanan rendah. *Blower* jenis *disk* (piringan) adalah sama dengan *blower - blower* rumah tangga. *Blower* tersebut umumnya untuk sirkulasi atau pembuangan yang bekerja tanpa saluran. *Blower* jenis propeler dengan bilah yang dirancang secara aerodinamik dapat terdiri dari 2 tahap atau lebih. Pada tipe ini, udara masuk dalam arah aksial dan meninggalkan juga dalam arah aksial seperti pada Gambar 2.8.



Gambar 2.9 *Blower* Aksial

(*Sumber: Alexis T. Belonio, Rice Husk Gas Stove Handbook, 2005*)

### 2.9.2 *Fan* Aliran Radial

*Blower* sentrifugal mengolah udara atau gas yang masuk dalam arah aksial dan keluar dalam arah radial. Tipe *blower* ini mempunyai 3 bilah : bilah radial atau lurus, bilah bengkol maju (*forward curved blade*), dan bilah bengkol mundur (*backward curved blade*). *Blower* bilah radial biasanya digunakan dalam aplikasi yang mempunyai temperatur tinggi dan diameter yang besar. Bilah yang dalam arah radial mempunyai tegangan (*stress*) yang sangat rendah dibandingkan dengan bilah bengkol maju ataupun mundur. Rotor mempunyai 4-12 bilah dan biasanya beroperasi pada kecepatan rendah. *Blower* ini Gambar 2.9 digunakan dalam kerja buangan (*exhaust work*), khususnya untuk gas-gas pada temperatur tinggi dan dengan suspensi dalam alirannya.



Gambar 2.10 *Blower* sentrifugal

( *Sumber: Alexis T. Belonio, Rice Husk Gas Stove Handbook, 2005* )

## 2.10 Mekanisme Perpindahan Panas

Mekanisme Perpindahan Panas dibagi menjadi tiga , yaitu :

- a. Perpindahan Panas Konduksi
- b. Perpindahan Panas Radiasi
- c. Perpindahan Panas Konveksi

### a. Perpindahan Panas Konduksi

Perpindahan panas secara konduksi adalah proses dengan panas mengalir dari daerah yang bersuhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah didalam suatu medium ( padat, cair atau gas ) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung. Dalam aliran panas konduksi, perpindahan energi terjadi karena hubungan molekul secara langsung tanpa adanya perpindahan molekul yang cukup besar. Menurut teori kinetik, suhu elemen suatu zat sebanding dengan energi kinetik rata-rata molekul –molekul yang membentuk elemen itu. Energi yang dimiliki oleh suatu elemen zat yang disebabkan oleh kecepatan dan positif relative molekul-molekulnya disebut energi dalam. Jadi, semakin cepat molekul-molekul bergerak, semakin tinggi suhu maupun energi dalam elemen zat.

Bila molekul-molekul disatu daerah memperoleh energi kinetik rata-rata yang lebih besar daripada yang dimiliki oleh molekul-molekul disuatu daerah yang berdekatan, sebagaimana diwujudkan oleh adanya beda suhu, maka molekul-molekul yang memiliki energi yang lebih besar itu akan memindahkan sebagian energinya kepada molekul-molekul didaerah yang bersuhu lebih rendah. Konduksi adalah satu-satunya mekanisme dimana panas dapat mengalir dalam zat

padat yang tidak tembus cahaya. Konduksi penting pula dalam fluida, tetapi didalam medium yang bukan padat biasanya tergabung dengan konveksi. (*Frank Kreith, dkk, 1986*).

#### b. Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan panas radiasi adalah proses dengan mana panas mengalir dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah bila benda-benda itu terpisah di dalam ruang, bahkan bila terdapat ruang hampa di antara benda-benda tersebut. Panas radiasi dipancarkan oleh suatu benda dalam bentuk pak (*bacth*) gelombang (kumpulan) energi yang terbatas. Gerakan panas radiasi didalam ruang mirip perambatan cahaya dan dapat diuraikan dengan teori gelombang. Bilamana gelombang radiasi menjumpai benda yang lain, maka energi diserap di dekat permukaan benda tersebut. (*Frank Kreith, dkk, 1986*).

Ada beberapa sumber radiasi yang kita kenal disekitar kehidupan kita, contohnya adalah televisi, lampu penerangan, alat pemanas makanan (*microwave oven*), komputer, dan lain-lain. Radiasi dalam bentuk gelombang elektromagnetik atau disebut juga dengan foton adalah jenis radiasi yang tidak mempunyai massa dan muatan listrik. Misalnya adalah gamma dan sinar-X, dan juga termasuk radiasi tampak seperti sinar lampu, sinar matahari, gelombang *microwave*, radar dan handphone, (Batan, 2008).

### c. Perpindahan panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi adalah proses perpindahan energi dengan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpanan energi dan gerakan mencampur. Konveksi sangat penting sebagai mekanisme perpindahan energi antara permukaan benda padat dan cairan atau gas. (*Frank Kreith,dkk*)

Perpindahan energi dengan cara konveksi dari suatu permukaan yang suhunya diatas suhu fluida sekitarnya berlangsung dalam beberapa tahap. Pertama, panas akan mengalir dengan cara konduksi dari permukaan ke partikel-partikel fluida yang berbatasan. Energi yang berpindah dengan cara demikian akan menaikkan suhu dan energi dalam partikel-partikel fluida ini. Kemudian partikel-partikel fluida ini. Kemudian partikel-partikel fluida tersebut akan bergerak ke daerah yang bersuhu lebih rendah di dalam fluida dimana mereka akan bercampur, dan memindahkan sebagian energinya kepada partikel-partikel fluida lainnya. (*Frank Kreith,dkk*)

Perpindahan panas secara konveksi terjadi melalui 2 cara, yaitu :

#### 1. Konveksi bebas/konveksi alamiah (*free convection/natural convection*)

Adalah perpindahan panas yang disebabkan oleh beda suhu dan beda rapat saja dan tidak ada tenaga dari luar yang mendorongnya.

Contoh : plat panas dibiarkan berada di udara sekitar tanpa ada sumber gerakan dari luar.

#### 2. Konveksi paksaan (*forced convection*) Adalah perpindahan panas yang aliran

panas yang aliran gas atau cairannya disebabkan adanya tenaga dari luar.

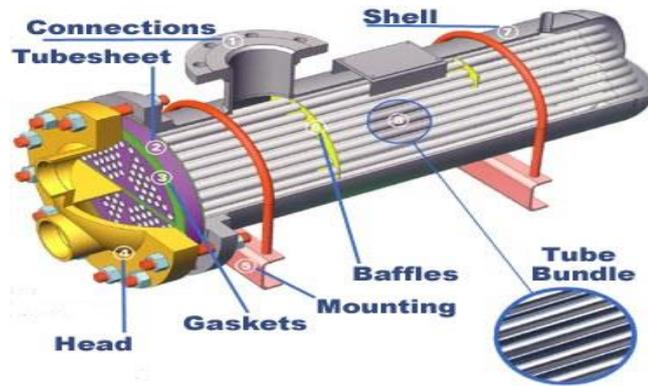
Contoh : plat panas dihembus udara dengan kipas/blower.

## 2.11 Alat Penukar Kalor (*Heat Exchanger*)

Alat penukar kalor atau *Heat exchanger* adalah suatu alat yang menghasilkan perpindahan panas dari satu fluida ke fluida lainnya. Jenis penukar panas yang sederhana ialah sebuah wadah dimana fluida yang panas dan fluida yang dingin dicampur secara langsung. Dalam sistem demikian kedua suhu mencapai suhu akhir yang sama, dan jumlah panas yang berpindah dapat diperkirakan dengan mempersamakan kerugian energi dari fluida yang lebih panas dengan perolehan energi oleh fluida yang lebih dingin. Contohnya seperti peralatan perpindahan panas menggunakan pencampuran fluida-fluida secara langsung adalah pemanas air pengisi ketel terbuka. Berdasarkan arah aliran fluida, *Heat Exchanger* dapat dibedakan menjadi (Frank Kreith, Arko Prijono, M.Sc, 1986):

### 1. *Heat Exchanger* dengan aliran searah (*co-current/parallel flow*)

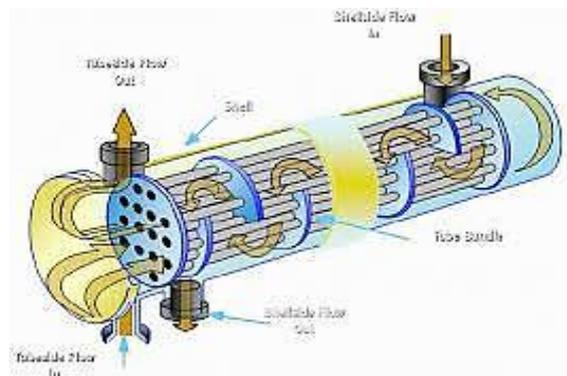
Pertukaran panas jenis ini, kedua fluida (dingin dan panas) masuk pada sisi *Heat Exchanger* yang sama, mengalir dengan arah yang sama, dan keluar pada sisi yang sama. Karakter *Heat Exchanger* jenis ini, temperatur fluida dingin yang keluar dari *Heat Exchanger* ( $T_{co}$ ) tidak dapat melebihi temperatur fluida panas yang keluar ( $T_{ho}$ ), sehingga diperlukan media pendingin atau media pemanas yang banyak. Berikut merupakan gambar aliran searah (Frank Kreith, Arko Prijono, M.Sc, 1986).



Gambar 2.11 *Heat Exchanger cross flow*

2. *Heat Exchanger* dengan aliran berlawanan arah (*counter-current flow*)

*Heat Exchanger* jenis ini memiliki karakteristik; kedua fluida (panas dan dingin) masuk ke *Heat exchanger* dengan arah berlawanan, mengalir dengan arah berlawanan dan keluar *Heat exchanger* pada sisi yang berlawanan. Berikut merupakan gambar aliran berlawanan arah (Frank Kreith, Arko Prijono, M.Sc, 1986)



Gambar 2.12 *Heat Exchanger counter flow*

Pada dasarnya prinsip kerja dari alat penukar kalor yaitu memindahkan panas dari dua fluida pada temperatur berbeda di mana transfer panas dapat dilakukan secara langsung ataupun tidak langsung.

a. Secara kontak langsung

Panas yang dipindahkan antara fluida panas dan dingin melalui permukaan kontak langsung berarti tidak ada dinding antara kedua fluida. Transfer panas yang terjadi yaitu melalui interfase / penghubung antara kedua fluida. Contoh : aliran steam pada kontak langsung yaitu 2 zat cair yang immiscible (tidak dapat bercampur), gas-liquid, dan partikel padat kombinasi fluida.

b. Secara kontak tak langsung

Perpindahan panas terjadi antara fluida panas dan dingin melalui dinding pemisah. Dalam sistem ini, kedua fluida akan mengalir.

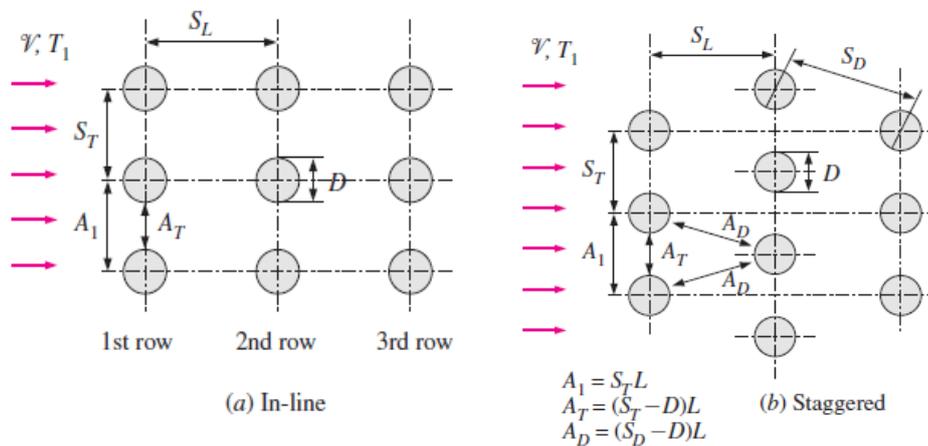
### 2.12 Aliran Menyalang Rangkaian Tabung (*Tube Banks*)

Karena terlalu banyak susunan alat penukar-kalor yang menyangkut tabung yang tersusun rangkap, maka masalah perpindahan-kalor dalam rangkaian tabung (*Tube Bank*) merupakan hal yang penting dan mempunyai nilai praktis. Karakteristik perpindahan-kalor pada rangkaian tabung yang segaris atau selang-seling dipelajari oleh Grimson, nilai konstanta  $C$  dan eksponen  $n$  di berikan dalam tabel 2.4 menurut parameter geometri yang digunakan untuk menggambarkan susunan berkas tabung.

Table 2.3 Perbandingan  $h$  untuk kedalaman  $N$  baris terhadap kedalaman 10 baris.

$N_L$	1	2	3	4	5	7	10	13
In-line	0.70	0.80	0.86	0.90	0.93	0.96	0.98	0.99
Staggered	0.64	0.76	0.84	0.89	0.93	0.96	0.98	0.99

Sumber : Cengel A. Yunus, *Heat Transfer, Second Edition*



Gambar 2.13 Tabung pipa segaris, dan tabung pipa selang-seling.

( Sumber: Yunus.A.Cange l)

Pipa-pipa pemanas yang akan digunakan pada alat pengering ini adalah rangkunan tabung dengan jenis *In-Line* Dan *Staggered*. Dimana  $S_T$  merupakan jarak vertikal pipa-pipa pemanas,  $S_L$  merupakan jarak horizontal pipa-pipa pemanas,  $S_D$  Merupakan Jarak *Crosswise*/Menyilang pipa pemanas  $D$  merupakan diameter pipa-pipa pemanas.

### 2.13 Persamaan Konveksi Paksa Pada Alat Pengering Ikan

Dalam penelitian ini akan digunakan tahap pertama yaitu tahap uji *High power (Cold start)* untuk mendapatkan data unjuk kerja alat pengering. Unjuk kerja suatu alat pengering dapat dihitung dengan menggunakan rumus-rumus sebagai berikut :

#### 1. Koefisien Perpindahan panas konveksi

- Kecepatan aliran maksimum gas asap ( $^{\circ}V_{max}$ )

$${}^{\circ}V_{max} = \frac{S_T}{2(S_L - D)} {}^{\circ}V, \text{ (m/s)} \dots \text{Pers. 2.1}$$

(Sumber Cengel A. Yunus, *Heat Transfer, Second Edition*)

Dimana :

$S_T$  = Jarak antara pipa dengan pipa yang lain arah vertikal (m)

$S_L$  = Jarak antara pipa dengan pipa yang lain arah horizontal (m)

${}^{\circ}V$  = kecepatan Aliran Udara Gas Asap (m/s)

- Reynolds Number ( $Re_D$ )

$$Re_D = \frac{\rho {}^{\circ}V_{max} D}{\mu} = \frac{\rho {}^{\circ}V_{max} D}{\nu} \dots \text{Pers. 2.2}$$

(Sumber Cengel A. Yunus, *Heat Transfer, Second Edition*)

Dimana :

$\rho$  = Massa jenis udara ( $\text{kg/m}^3$ )

$V_{max}$  = Kecepatan aliran maksimum gas asap (m/s)

$D$  = Diameter pipa-pipa pemans (m)

$\nu$  = Viskositas kinematik ( $\text{m}^2/\text{s}$ )

Untuk menghitung *nusselt number* aliran turbulen, maka digunakan Tabel. 7-2 buku Yunus A. Cengel, *Heat Transfer, Second Edition*.

- Bilangan Nusselt ( $Nu_D$ )

$$Nu_D = C Re_D^m Pr^n (Pr/Pr_s)^{0.25} \dots \text{Pers. 2.3}$$

(Sumber Cengel A. Yunus, *Heat Transfer, Second Edition*)

- Koefisien perpindahan panas ( $h$ ) :

$$h = \frac{Nu_{D,NL}k}{D}, \text{ (W/m}^2\text{ }^\circ\text{C)} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.4}$$

(Sumber Cengel A. Yunus, *Heat Transfer, Second Edition*)

Dimana :

$$k = \text{Thermal Conductivity (W/m}^\circ\text{C)}$$

- Permukaan daerah perpindahan panas ( $A_s$ )

$$A_s = N\pi DL, \text{ (m}^2\text{)} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.5}$$

(Sumber Cengel A. Yunus, *Heat Transfer, Second Edition*)

Dimana :

$$N = \text{Jumlah pipa-pipa pemanas}$$

$$L = \text{Panjang pipa-pipa pemanas (m)}$$

- Laju aliran massa udara ( $\dot{m}$ )

$$\dot{m} = \rho_1 V(N_T S_T L), \text{ (kg/s)} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.6}$$

(Sumber Cengel A. Yunus, *Heat Transfer, Second Edition*)

Dimana :

$$A = \text{Luas penampang masuk udara (m}^2\text{)}$$

- Temperatur keluar ( $T_e$ )

$$T_e = T_s - (T_s - T_i) \exp\left(-\frac{A_s h}{\dot{m} c_p}\right), \text{ (}^\circ\text{C)} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.7}$$

Dimana :  $A = \text{Luas penampang masuk udara (m}^2\text{)}$

$$T_s = \text{Temperatur udara pipa-pipa pemanas (}^\circ\text{C)}$$

$$T_i = \text{Temperatur gas asap cerobong (}^\circ\text{C)}$$

- Perbedaan Temperatur

$$\Delta T_{in} = \frac{(T_s - T_e) - (T_s - T_i)}{\ln[(T_s - T_e)/(T_s - T_i)]}, \text{ (}^\circ\text{C)} \dots \text{Pers. 2.8}$$

(Sumber Cengel A. Yunus, *Heat Transfer, Second Edition*)

- Nilai Perpindahan Panas

$$\dot{Q} = \dot{m}C_p(T_s - T_i), \text{ (W)} \dots \text{Pers. 2.9}$$

(Sumber Cengel A. Yunus, *Heat Transfer, Second Edition*)

## 2. Daya keluar (*Power Output*)

$$P = \frac{m_f \times LHV}{t}, \text{ (} \frac{\text{kJ}}{\text{s}} \text{)} \dots \text{Pers. 2.10}$$

(Sumber : Alexis T. Belonio “*Rice Husk Gas Stove handbook*”, 2005.)

Dimana :

$m_f$  = Massa Konsumsi Bahan Bakar, (kg)

LHV = *Low heating Value*, (kJ/kg)

t = Waktu Pengeringan (s)

## 3. Pemakaian bahan bakar spesifik (*Specific Fuel Consumption*).

$$\text{S.F.C} = \frac{M_f}{p \times t}, \text{ (kg/kWh)} \dots \text{Pers. 2.11}$$

(Sumber : Alexis T. Belonio “*Rice Husk Gas Stove handbook*”, 2005.)

Dimana :

$m_f$  = Massa Konsumsi bahan bakar, (kg)

p = Power Output, (kW)

t = Waktu Pengeringan, (h)

#### 4. Konsumsi Bahan Bakar per jam

$$m_{fb} = \frac{m_f}{h}, \text{ (kg/h)} \dots \text{Pers. 2.12}$$

(Sumber : Alexis T. Belonio "Rice Husk Gas Stove handbook", 2005.)

Dimana :

$m_{fb}$  = Massa Bahan Bakar terpakai selama pengeringan (kg)

$h$  = Waktu pengeringan (h)

#### 5. Waktu pembakaran (*Burning rate*).

$$BR = \frac{m_f}{t}, \text{ (kg/s)} \dots \text{Pers. 2.13}$$

(Sumber : Alexis T. Belonio "Rice Husk Gas Stove handbook", 2005.)

Dimana :

$m_f$  = Massa Konsumsi Bahan Bakar, (kg)

$t$  = Waktu Pengeringan, (s)

#### 6. Perhitungan Kadar Air

- Kadar air ikan patin di uapkan ( $M_{bb}$ )

$$M_{bb} = \frac{W_m}{W_m + W_d} \times 100 \%, \text{ (\%)} \dots \text{Pers. 2.14}$$

(Sumber : Edwin sriwijaya sinaga, 1989)

Dimana :

$W_m$  = Berat air ikan patin (kg)

Mencari = ( $W_m$ ) = berat air awal – berat air akhir pengeringan (kg)

$W_d$  = Berat bahan kering (kg)

- Menghitung kadar air ikan patin tersisa ( $M_k$ )

$$M_k = M_{AK} - M_{bb} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.15}$$

Dimana :

$M_k$  : kadar air ikan patin tersisa (%)

$M_{AK}$  : Kadar air ikan patin ( nilai range : 50 %)

$M_{bb}$  : Kadar air ikan patin di uapkan (%)

(Sumber : Edwin sriwijaya sinaga, 1989)

#### 8. Kebutuhan Energi Pengeringan

- Jumlah air yang diuapkan (E)

$$E = \frac{100(M_{bb} - M_{bk})}{(100 - M_{bb})(100 - m_{bk})} \times Wd \text{ (kg)} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.16}$$

(Sumber : Henderson dan perry, 1955)

Dimana :

E = Beban uap air (kg)

$M_{bb}$  = Kadar air basis basah (%)

$M_{bk}$  = Kadar air basis kering (%)

- Laju penguapan air (W)

$$W = \frac{E}{t} \text{ (kg/jam)} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.17}$$

Dimana :

E = Jumlah air yang diuapkan (kg)

t = Lama Pengeringan (jam)

- Energi penguapan air ( $Q_1$ )

$$Q_1 = E \times h_{fg}, \text{ (kJ)} \dots \dots \dots \text{Pers. 2.18}$$

Dimana :

$E$  = Beban uap air (kg)

$h_{fg}$  = Panas laten penguapan air (kJ/kg)

- Energi pemanasan udara ( $Q_2$ )

$$Q_2 = m \times C_p \times (T_2 - T_1), \text{ (kJ)} \dots \dots \dots \text{Pers. 2.19}$$

$$m = A \times V \times \rho$$

Dimana :

$m$  = Massa aliran udara (kg/jam)

$V$  = Kecepatan aliran udara (m/s)

$\rho$  = Massa jenis udara (kg/m<sup>3</sup>)

$A$  = Luas penampang cerobong (m<sup>2</sup>)

$C_p$  = Panas jenis udara (kJ/kg °C)

$T_1$  = Temperatur lingkungan (°C)

$T_2$  = Temperatur lemari pengering (°C)

- Energi bahan bakar ( $Q_3$ )

$$Q_3 = W_b \times h_d, \text{ (kJ)} \dots \dots \dots \text{Pers. 2.20}$$

Dimana :

$W_b$  = Jumlah bahan bakar terpakai (kg)

$h_d$  = Kandungan panas tempurung kelapa (kJ/kg)

(Sumber : Kusumah, Herminianto dan Andarwulan, 1989)

### 9. Kerugian Panas Pada cerobong ( $Q_{losses}$ )

$$Q_{losses} = \dot{M}_c \times C_p \times (T_{in} - T_{out}) \dots\dots\dots \text{Pers. 2.21}$$

$$\dot{M}_c = V \times A \times \rho$$

Dimana :  $Q_{losses}$  = Jumlah panas yang hilang dari cerobong

$\dot{M}_c$  = Laju Aliran Massa udara melalui cerobong (kg/s)

$V$  = Kandungan panas tempurung kelapa (m/s)

### 10. Penampilan Efisiensi Alat

- Efisiensi pemanasan ( $\eta_1$ )

$$\eta_1 = \frac{Q_2}{Q_{bb}} \times 100 \% \dots\dots\dots \text{Pers. 2.22}$$

- Efisiensi total ( $\eta_2$ )

$$\eta_2 = \frac{Q_1}{Q_{bb}} \times 100 \% \dots\dots\dots \text{Pers. 2.23}$$

*Sumber : Edwin sriwijaya sinaga, 1989)*

Adapun variabel – variabel yang bersifat umum dapat diketahui melalui literature-literatur yang ada. Berikut ini pad Tabel 2.4 adalah data-data variabel yang didapatkan dari literatur.

Berikut ini adalah parameter yang sering digunakan sebagai ukuran dalam mengevaluasi Unjuk kerja suatu alat pengering :

#### 1. Waktu *start up*

Parameter ini menunjukkan berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menyalakan bahkan bakar sehingga gas-gas hasil asap dihasilkan. Pengurangan ini diawali dari penyalaan dengan pembakaran carosine sebagai pemancing hingga timbulnya gas-gas asap hasil pembakaran bahkan bakar.

#### 2. Waktu operasi

Parameter ini merupakan durasi waktu selama pembakaran bahkan bakar, mulai dari timbulnya gas-gas asap sampai dengan padamnya api dari bahkan bakar.

#### 3. Laju Konsumsi bahan bakar (*Burning Rate*)

Laju konsumsi bahan bakar adalah perbandingan antara jumlah bahan bakar yang digunakan terhadap waktu operasi.

#### 4. Waktu pengeringan

Waktu pengeringan merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan ikan patin dengan ukuran tertentu. Penilaian ini dilakukan sejak ikan patin diletakkan didalam lemari pengering dan bahan bakar terbakar.

#### 5. Efisiensi Pengeringan

Parameter ini merupakan perbandingan antara jumlah energi panas yang dibutuhkan untuk mengeringkan ikan dan menguapkan air yang terkandung dalam daging ikan, terhadap jumlah konsumsi bahan bakar.