

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengerinan

2.1.1 Konsep Dasar Pengerinan

Pengerinan adalah proses pengeluaran air dari suatu bahan pertanian menuju kadar air kesetimbangan dengan udara sekeliling atau pada tingkat kadar air dimana mutu bahan pertanian dapat dicegah dari serangan jamur, enzim dan aktifitas serangga. Pengerinan bertujuan untuk memperpanjang umur simpan dengan cara mengurangi kadar air suatu bahan agar tidak ditumbuhi oleh mikroorganisme pembusuk.

Prinsip pengerinan biasanya akan melibatkan dua kejadian, yaitu panas harus diberikan pada bahan yang akan dikeringkan, dan air harus dikeluarkan dari dalam bahan. Dalam proses pengerinan dilakukan pengaturan terhadap suhu, kelembaban (*humidity*) dan aliran udara. Semakin besar perbedaan suhu antara medium pemanas dengan bahan pangan semakin cepat pindah panas ke bahan pangan dan semakin cepat pula penguapan air dari bahan pangan.

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 maka 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 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*". 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 , the curriculum and cultural reproduction, 1977). Unjuk kerja juga disebut sebagai pengukuran *output* atau hasil dari suatu alat.

2.1.2 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 udaraditingkatkan

(Muarif,2013,rancangbangunalatpengering.www.digilibspolsri.com).

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. (*menon and majumdar, handbook of industrial drying, 1987*)

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

2.2 Jenis-Jenis Alat Pengering

Berdasarkan bahan yang akan dikeringkan adapun jenis-jenis alat pengering yang terbagi menjadi 3 yaitu :

1. Pengeringan alamiah

Pengeringan alamiah bisa juga disebut pengeringan sederhana yaitu dengan cara penjemuran, penjemuran adalah usaha pembuangan atau penurunan kadar air suatu bahan dengan menggunakan sinar matahari.

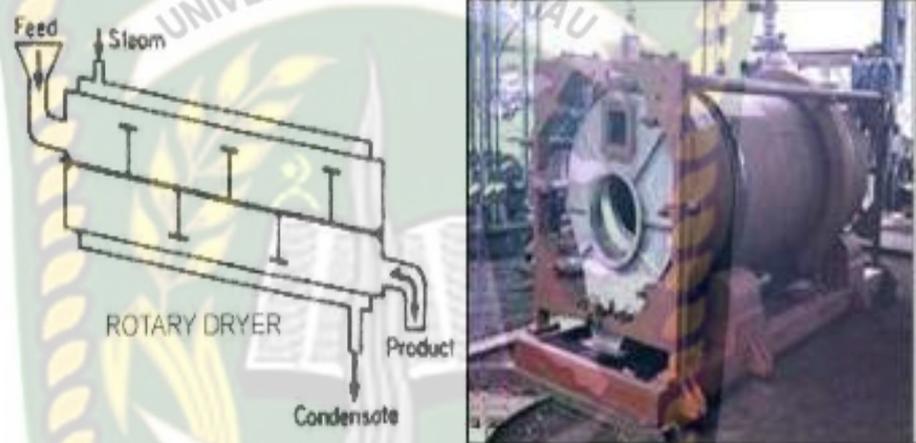
2. Pengeringan menggunakan bahan bakar

Bahan bakar adalah sumber panas pada alat pengeringan dimana alat pengering menggunakan bahan bakar adalah :

a. Pengering Putar (*Rotary Dryer*)

Pengering kontak langsung yang beroperasi secara kontinyu, terdiri atas cangkang silinder yang berputar perlahan, biasanya dimiringkan beberapa derajat dari bidang horizontal untuk membantu perpindahan

umpan basah yang dimasukkan pada atas ujung drum. Bahan kering dikeluarkan pada ujung bawah. Waktu pengeringan cepat (10 s/d 60 menit). Cocok untuk bahan yang berbentuk padat dan butiran. Gambar Pengering Putar (*Rotary Dryer*) dapat dilihat pada (gambar 2.1)



Gambar 2.1 Pengering Putar (*Rotary Dryer*)

(Sumber : www.USUOCW.com/slide_jenis-jenis_pengeringan)

b. 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. Bahan diletakan di atas rak (*tray*) yang terbuat dari logam yang berlubang. Kegunaan lubang-lubang tersebut untuk mengalirkan udara panas. Cocok untuk bahan yang berbentuk padat dan butiran. Sering digunakan untuk produk yang jumlahnya tidak terlalu besar. Prinsip kerja pengering *tray dryer* yaitu dapat beroperasi dalam keadaan

semprot) jam penguapan (20000 penguapan semprot). Umpam yang diatomisasi dala bentuk percikan disentuhkan dengan udara panas yang dirancang dengan baik. Gambar Alat Pengering Semprot (*Spray Dryer*) dapat dilihat pada (gambar 2.4)



Gambar 2.3 Alat Pengering Semprot (*Spray Dryer*)

(Sumber : www.USUOCW.com/slide_jenis-jenis_pengeringan)

d. Pengeringan Gabungan

Pengeringan gabungan adalah pengeringan dgn energi smh dan bahan bakar minyak atau biomass yang menggunakan konveksi paksa (udara panas dikumpulkan dalam kolektor kemudian dihembus ke komoditi). Karena Temperatur lingkungan hanya sekitar 33 °C, sedangkan temperatur pengeringan untuk komoditi pertanian kebanyakan berkisar 60-70 °C. Pengeringan Gabungan kebanyakan berkisar 60-70 °C. Perlu ditingkatkan temperatur lingkungan dengan cara mengumpulkan udara dalam suatu kolektor surya dan

menghembuskannya ke komoditi. (digunakan blower atau kipas angin). Contoh pengeringan gabungan antara lain :

a. Alat Pengering Energi Surya tipe Lorong

Alat Pengering Energi Surya tipe Lorong terdiri atas kipas angin sentrifugal, pemanas udara (kolektor) dan lorong pengering. Kolektor dan lorong pengering dipasang paralel dan di atasnya ditutup dengan plastik transparan. Alat pengering dipasang dengan arah membujur utara-selatan dan diletakkan diatas tanah. Udara pengering yang dihasilkan dalam kolektor dihembuskan ke komoditi dengan kecepatan 400 - 900 m³/jam agar tercapai temperatur pengeringan 40 - 60 °C. Gambar Alat Pengering Energi Surya tipe Lorong dapat dilihat pada (gambar 2.5)

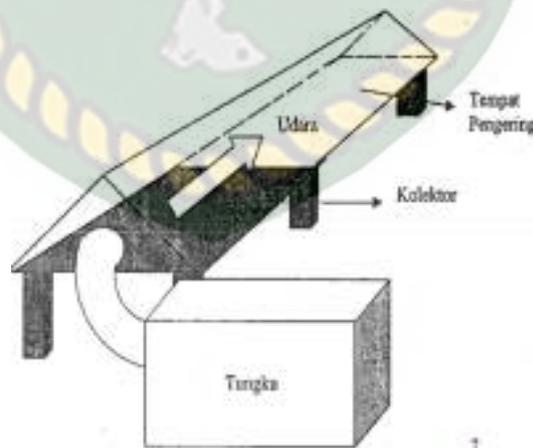


Gambar 2.4 Alat Pengering Energi Surya tipe Lorong

(Sumber : www.USUOCW.com/slide_jenis-jenis_pengeringan)

b. Alat Pengering Surya-Biomass tipe Lorong

Alat pengering tipe lorong diatas dimodifikasi menjadi alat pengering energi surya dan biomass. Ruang pengering dan kolektor dipasang pada satu sumbu supaya kehilangan tekanan udara menjadi lebih kecil. Kipas dengan tenaga listrik 60 watt dapat berfungsi secara efisien, bahkan kipas arus scarab 32 watt dengan penggerak photovoltaik dapat dipakai pada listrik 60 watt dapat berfungsi secara efisien, bahkan kipas arus scarab 32 watt dengan penggerak photovoltaik dapat dipakai pada sistem tersebut. Alat pengering tersebut dipasang diatas struktur kayu dan disangga dengan batako setinggi 60 cm dari tanah. Pada alat pengering yang dimodifikasi ini dilengkapi dengan tungku biomass din alat penukar panas yang terbuat dari plat baja, agar pada waktu hujan atau malam hari masih dapat dilakukan operasi pengeringan. Gambar Alat Pengering Surya-Biomass tipe Lorong dapat dilihat pada (gambar 2.6)

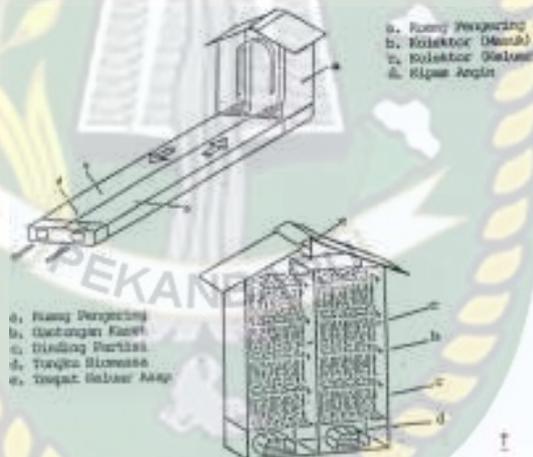


Gambar 2.5 Alat Pengering Surya-Biomass tipe Lorong

(Sumber : www.USUOCW.com/slide_jenis-jenis_pengeringan)

c. Alat Pengering Rumah Asap

Alat ini terdiri atas : plat pemanas matahari yang dihubungkan dengan ruang pengering. Di dalam ruang pengering yang berbentuk rumah yang pada bagian atasnya terdapat penggantung komoditas. Sebagian dari udara buang dikembalikan ke plat pemanas sehingga temperatur kembali dapat dinaikkan menjadi 45 - 60°C. Untuk mengurangi ketergantungan pada kondisi cuaca, alat ini dilengkapi dengan tungku biomass yang dipasang dibawah rumah asap. Gambar Alat Pengering Rumah Asap dapat dilihat pada (gambar 2.7)



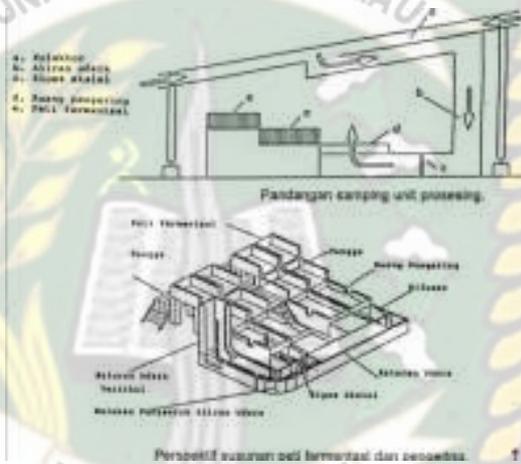
Gambar 2.6 Alat Pengering Rumah Asap

(Sumber : www.USUOCW.com/slide_jenis-jenis_pengeringan)

d. Rumah Pengering Surya

atap seluas 100 m² dan berfungsi juga sebagai kolektor matahari. Udara masuk ke kolektor sehingga menjadi panas. Dengan menggunakan kipas angin (blower), udara panas tersebut kemudian "ditarik" dan dihembus ke tempat pengering. Pemasangan atap dibuat dengan

kemiringan 10° pada arah utara -selatan. Rumah pengering ini dirancang untuk memeroses 2-3 ton biji kakao basah, menggunakan 4 buah blower aksial. unit ini mampu berfungsi dengan efektif. Satu siklus pengolahan berlangsung selama 5 hari. Dengan pengoperasian tungku pada malam hari, waktu pengeringan lebih singkat yaitu sekitar 36-44 jam. Gambar Rumah Pengering Surya dapat dilihat pada (gambar 2.8)



Gambar 2.7 Rumah Pengering Surya

(Sumber : www.USUOCW.com/slide_jenis-jenis_pengeringan)

2.3 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. Ada beberapa kriteria yang digunakan untuk mengelompokkan alat pengering, seperti pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Pengelompokkan Mesin Pengering

Kriteria	Jenis
modus Operasi	1. <i>Batch</i> . Contohnya: <i>try and compartment dryer, through circulation dryer, vacuum rotary dryer, vacuum tray dryer</i> . 2. Kontinyu. Contohnya : <i>pneumatic dryer, tunnel dryer, rotary dryer, fluidized bed dryer, drum dryer, cylinder dryer, tray dryer, spray dryer</i> .
Metode pindah panas	1. Konduksi. Contohnya : <i>belt conveyer dryer, rotary dryer flash dryer, spray dryer, tray dryer, fluidized bed dryer</i> 2. Konveksi. Contohnya : <i>drum dryer, vacuum tray dryer, steam jacket rotary dryer</i> 3. Radiasi. Contohnya : <i>microwave</i>
Tekanan Operasi	1. Vakum. Contohnya: <i>vacuum rotary dryer, vacuum tray dryer freeze dryer</i> 2. Tekanan atmosfer. Contohnya : <i>rotary dryer, tunnel dryer, drum dryer, cylinder dryer, tray dryer, spray dryer</i> .
Waktu bahan dalam mesin pengering	1. Singkat (< 1 menit). Contohnya : <i>flash dryer, spray dryer, drum dryer</i> . 2. Sedang (1-120 menit) <i>belt conveyer dryer, fluidized bed dryer, rotary dryer, tray dryer</i> 3. Panjang (> 120 menit). Contohnya : <i>Tray Dryer (Batch)</i>

Sumber : Mujumdar dan Menon, *fundamental principles of drying*, 1995

2.4 *Furnace* (Tungku Pembakaran)

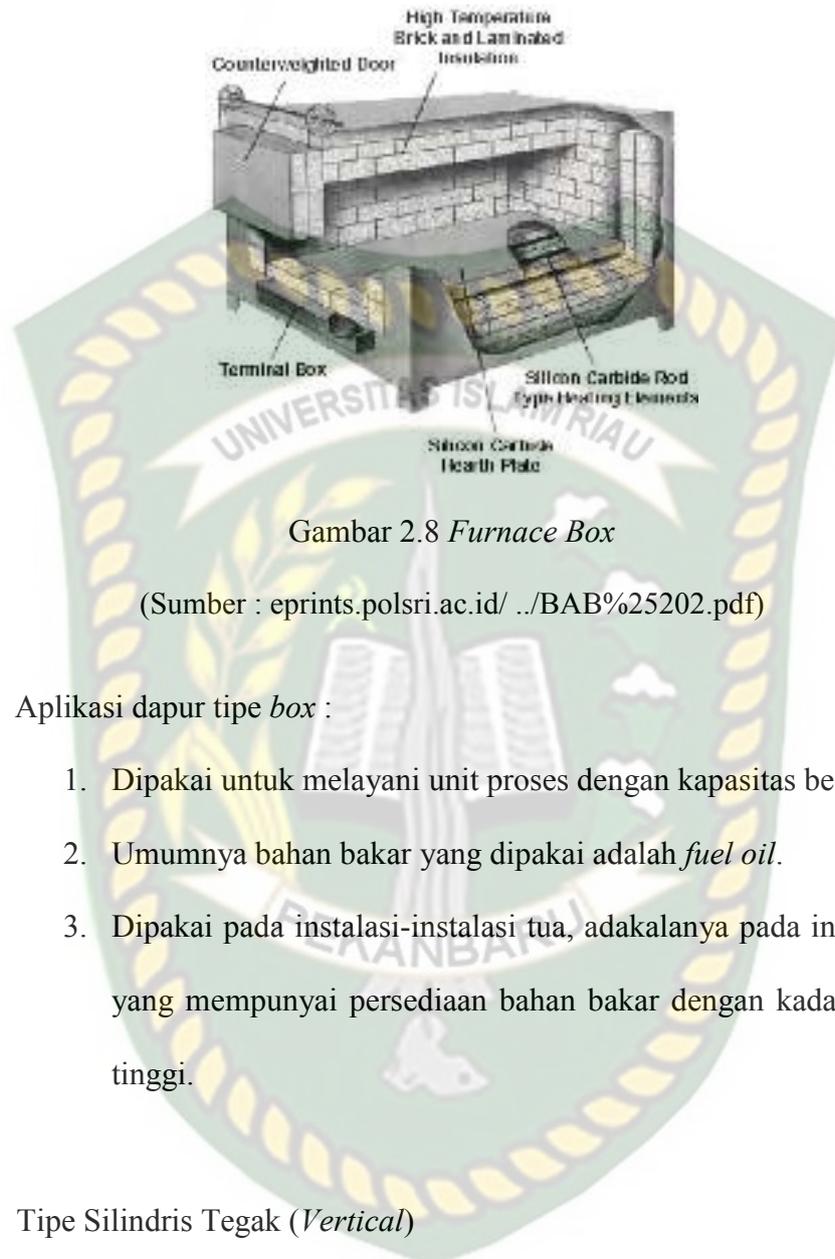
Furnace adalah alat tempat terjadinya pembakaran suatu bahan bakar (*oil* atau *gas*) dimana gas hasil pembakaran tersebut dimanfaatkan panasnya untuk memanaskan suatu bahan. *Furnace* berfungsi untuk memindahkan panas (*kalor*) yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar yang berlangsung dalam suatu ruang pembakaran (*combustion chamber*) ke fluida yang dipanaskan dengan mengalirkannya melalui pipa-pipa pembuluh (*tube*).

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*.

Jenis-jenis *Furnace* adalah *furnace* yang bertipe sebagai berikut :
(eprints.polsri.ac.id/..BAB%25202.pdf)

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). Gambar *furnace box* dapat dilihat pada (gambar 2.9)



Gambar 2.8 *Furnace Box*

(Sumber : eprints.polsri.ac.id/..//BAB%25202.pdf)

Aplikasi dapur tipe *box* :

1. Dipakai untuk melayani unit proses dengan kapasitas besar.
2. Umumnya bahan bakar yang dipakai adalah *fuel oil*.
3. 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.

Gambar *Furnace* Silinder Vertikal dapat dilihat pada (gambar 2.10)



Gambar 2.9 *Furnace* Silinder Vertikal

(Sumber : [eprints.polsri.ac.id/ ..//BAB%25202.pdf](http://eprints.polsri.ac.id/..//BAB%25202.pdf))

Aplikasi dapur tipe silindris :

1. Digunakan untuk pemanasan *fluida* yang mempunyai perbedaan
2. suhu antara *inlet* dan *outlet* tidak terlalu besar atau sekitar 200°F (90°C).
3. Umumnya dipakai pemanas *fluida* umpan reaktor.

Dari kedua tipe *furnace* di atas yang di pakai dalam perancangan alat pengering ini adalah *furnace* dengan tipe boks (box *furnace*). Alasan pengambalilan tipe *furnace* ini karena tipe box *furnace* digunakan untuk melayani unit proses dengan kapasitas besar. Sehingga mampu menampung jumlah bahan bakar yang lebih banyak.

2.4.1 Klasifikasi Tungku pembakaran (*furnace*)

Tungku pembakaran dapat diklasifikasikan menurut bahan bakar, aliran panas/sirkulasi api adalah :

a. Klasifikasi Tungku menurut Bahan Bakarnya

Bahan apapun yang dapat terbakar dapat digunakan untuk membakar keramik, meskipun sejak dulu pembakaran dimulai dengan bahan bakar kayu, sedangkan pada perkembangan terakhir pembakaran menggunakan minyak dan gas. Sekarang sumber panas yang baru untuk pembakaran keramik ialah listrik. Jenis tungku berdasarkan bahan bakar (sumber panas) yang digunakan dapat digolongkan menjadi lima macam, yaitu:

1) Tungku bahan bakar gas

Tungku jenis ini menggunakan bahan bakar gas, kalau di Indonesia dikenal dengan elpiji (LPG). Tungku ini sangat praktis dan biaya operasionalnya cukup ekonomis. Alasan inilah yang menyebabkan banyak industri keramik menggunakan tungku gas sebagai alat pembakar utama. Tungku ini harus dioperasikan dengan prosedur yang benar dan standar keamanan yang tinggi, mengingat gas adalah bahan bakar yang tidak terlihat dan sangat mudah terbakar. Kita dapat mengatur atmosfer tungku dengan tungku gas ini.

2) Tungku listrik

Tungku jenis ini banyak digunakan di studio-studio atau di sekolah-sekolah karena mudah dioperasikan. Tungku ini dilengkapi dengan kumparan-kumparan yang akan membara apabila dialiri arus listrik. Bentuk, volume, dan

spesifikasi tungku listrik sangat bervariasi dan masing-masing mempunyai keunggulan sendiri.

3) Tungku bahan bakar padat (kayu, batu bara)

Ini adalah jenis tungku pembakaran yang merupakan cikal bakal pembakaran keramik. Sampai saat ini tungku berbahan bakar kayu masih digunakan di sentra-sentra keramik tradisional. Bahan bakar padat lainnya adalah tatal kayu, sekam padi, dan sampah dedaunan kering.

4) Tungku bahan bakar minyak

Ketika harga minyak tanah murah, tungku ini sangat ekonomis. Tetapi saat ini tungku minyak tanah sudah jarang digunakan karena biaya operasionalnya yang mahal.

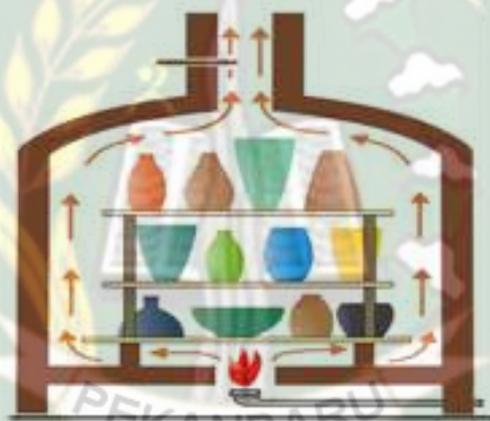
b. Klasifikasi Tungku menurut Arah Aliran Panas/Sirkulasi Api

1) Tungku api naik (up draft kiln)

Pada tungku jenis ini panas dari ruang bakar mengalir ke ruang pemanasan/pembakaran di atasnya dan memanaskan barang-barang yang ada kemudian keluar melalui cerobong asap di bagian atas. Jumlah bahan bakar yang digunakan pada tungku jenis ini relatif besar dan perbedaan suhu antara bagian bawah dan atasnya pun cukup besar sehingga dapat mempengaruhi hasilnya. Yang termasuk jenis ini ialah tungku ladang dan tungku bak. Bentuk tungku api naik ada yang persegi dan ada juga yang bulat. Gambar Tungku api naik (up draft kiln) dapat dilihat pada (gambar 2.11)

Ciri-ciri tungku api naik ialah:

- a). pemakaian bahan bakar agak boros,
- b). suhu pembakaran relatif rendah (di bawah 1000°C),
- c). perbedaan suhu bagian atas dan bawah dan tengah cukup besar (bagian bawah lebih tinggi),
- d). cara pengoperasiannya mudah, dan
- e). biaya konstruksi dan pemeliharaan lebih mudah dan murah.



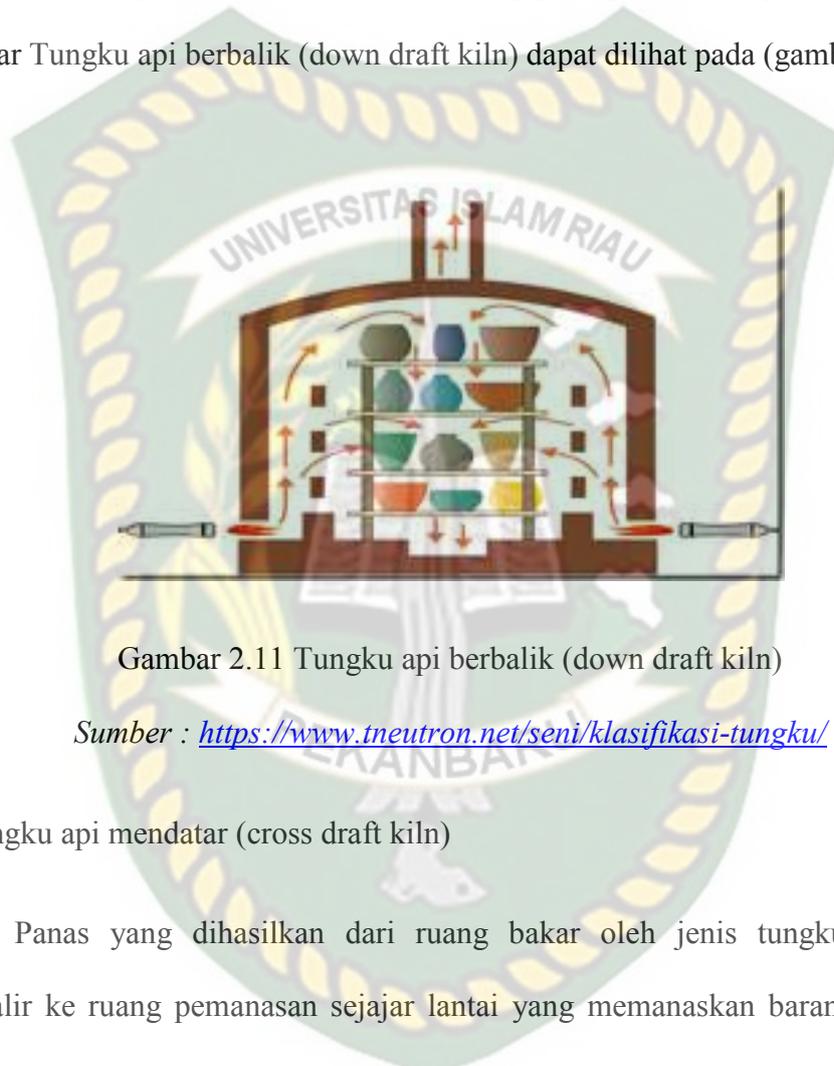
Gambar 2.10 Tungku api naik (up draft kiln)

Sumber : <https://www.tneutron.net/seni/klasifikasi-tungku/>

2) Tungku api berbalik (down draft kiln)

Panas yang dihasilkan dari ruang bakar akan mengalir ke atas karena ada jembatan api (bag wall), menyentuh atap tungku pada ruang pembakaran dan berbalik ke bawah untuk memanasi benda keramik, kemudian mengalir ke saluran di bawah lantai tungku (kanal) dan keluar melalui cerobong. Dengan menggunakan jenis tungku ini akan dihasilkan suhu ruang pembakaran yang lebih merata dan dapat mencapai suhu yang lebih tinggi, yaitu 1400°C . Tungku jenis ini

sudah dilengkapi dengan damper (skep) yang ditempatkan pada saluran (kanal) antara tungku dan cerobong. Yang termasuk jenis ini adalah tungku catenary. Bentuk dari tungku down draft ini ada yang persegi dan ada pula yang bulat. Gambar Tungku api berbalik (down draft kiln) dapat dilihat pada (gambar 2.12)



Gambar 2.11 Tungku api berbalik (down draft kiln)

Sumber : <https://www.tneutron.net/seni/klasifikasi-tungku/>

3) Tungku api mendatar (cross draft kiln)

Panas yang dihasilkan dari ruang bakar oleh jenis tungku ini akan mengalir ke ruang pemanasan sejajar lantai yang memanaskan barang keramik, kemudian keluar melalui cerobong asap. Suhu yang paling tinggi terletak dekat ruang bakar dan menurun ke arah cerobong asap. Gambar Tungku api mendatar (cross draft kiln) dapat dilihat pada (gambar 2.13)



Gambar 2.12 Tungku api mendatar (cross draft kiln)

Sumber : <https://www.tneutron.net/seni/klasifikasi-tungku/>

2.5 Blower

Blower yang digunakan terdiri dari dua yaitu *Blower* untuk *heat exchanger* dan *Blower* untuk menghembuskan udara panas (*heat exhauster*). *Blower heat exchanger* adalah mesin atau alat yang digunakan untuk menaikkan atau memperbesar tekanan udara atau gas yang akan dialirkan dalam suatu ruangan tertentu juga sebagai pengisapan atau pemvakuman udara atau gas tertentu.

2.5.1 Jenis-jenis *blower*

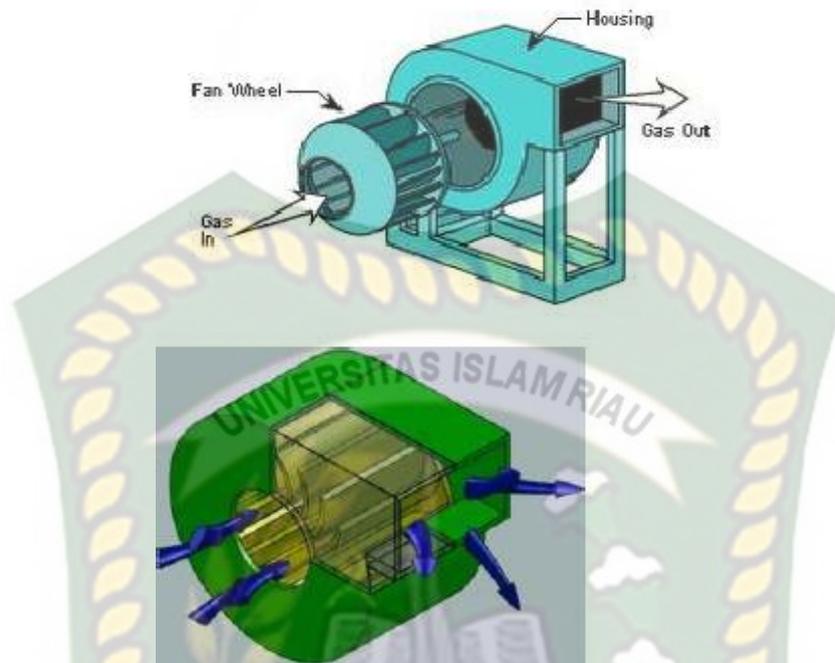
1) Berdasarkan Pengaturan Kecepatannya

Berdasarkan pengaturan kecepatannya, fan ada yang memiliki beberapa kecepatan sehingga dapat diatur kecepatannya dan ada pula yang memiliki kecepatan konstan. Pada AHU pompa kalor P5670, blower memiliki tiga kecepatan yang dapat memberikan nilai maksimum aliran udara sebesar 0,37 m³/sec.

2) Berdasarkan Design-nya

Centrifugal Fan (Fan sentrifugal) adalah mesin untuk menggerakkan udara atau gas lain. Istilah “*blower*” dan “*squirrel cage fan*” biasa dipakai sebagai sinonim. *Fan* ini menaikkan kecepatan dari aliran udara dengan bagian berputarnya. *Fan* ini memanfaatkan energi kinetik dari kipasnya untuk menaikkan tekanan udara. Fan sentrifugal mempercepat aliran udara secara linier, merubah arah aliran (biasanya 90°). Fan sentrifugal dibuat kokoh, relatif tidak berisik, dan dapat beroperasi di berbagai kondisi.

Fan sentrifugal adalah sebuah “*Constant Volume Device*” yang berarti pada kecepatan konstan, fan sentrifugal akan memompa volume udara yang tetap dibandingkan dengan massa udara yang tetap. Ini berarti kecepatan udara di sebuah sistem tetap walaupun laju massanya tidak tetap. Fan sentrifugal sampai sekarang adalah yang paling banyak digunakan pada HVAC. Karena fansentrifugal lebih murah dan lebih mudah pada pembangunan. Fan sentrifugal digunakan untuk memindahkan gas pada sistem ventilasi di gedung-gedung. Fan sentrifugal juga biasa digunakan sebagai sistem pendingin/pemanas dan juga cocok untuk proses industri dan sistem kontrol polusi udara. Seperti yang ditunjukkan gambar 2.14, udara masuk dari sisinya dan keluar lewat lubang udaranya.



Gambar 2.13 udara masuk dari sisinya dan keluar lewat lubang udaranya.

Sumber : <http://www.academia.edu/8738339/Blower>

2.5.2 Axial Fan

Axial Fan memakai gaya poros untuk menggerakkan udara atau gas, berputar dengan poros utama dengan kipas yang dipasang secara tegak lurus dari diameter luar poros. *Axial fan* biasa digunakan pada sistem ventilasi silindrikal pendek, yang aliran masuk dan keluarnya dapat dihubungkan. *Axial fan* memiliki kipas dengan diameter yang biasanya sepanjang satu kaki (0.3 meter) sampai 30 kaki (9 meter), walaupun diameter axial fan untuk menara pendingin dapat melebihi 82 kaki (25 meter). Pada umumnya, *axial fan* digunakan pada prinsip laju aliran volume yang besar, dan sentrifugal fan digunakan untuk aliran dan tekanan tinggi.

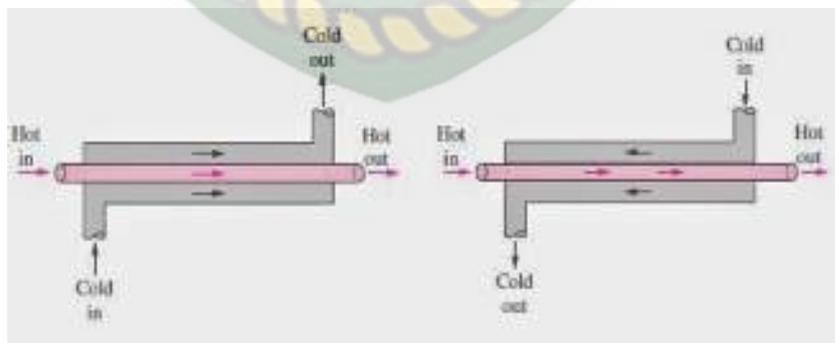
2.6 Heat Exchanger

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.

Heat Exchanger dapat dibedakan menjadi (Frank Kreith, Arko Priyono, 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* tidak dapat melebihi temperatur fluida panas yang keluar, sehingga diperlukan media pendingin atau media pemanas yang banyak. Berikut merupakan gambar aliran searah (Frank Kreith, Arko Priyono, M.Sc, 1986).

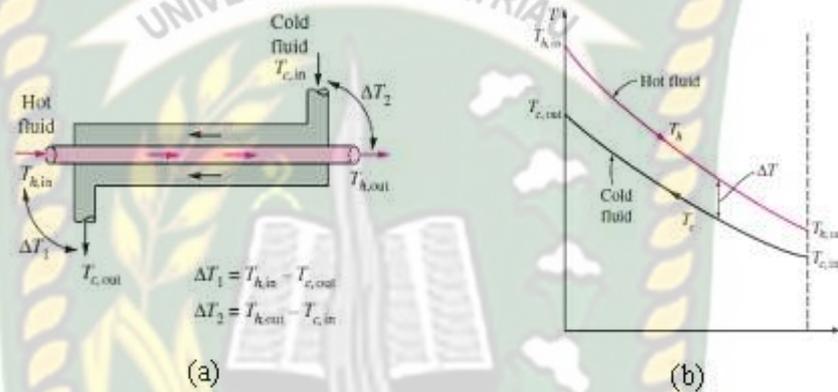


Gambar 2.14 Aliran searah (*parallel flow*)

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

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 2.15 Aliran Berlawanan (*Counterflow*)

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

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 dindingin melalui dinding pemisah. Dalam sistem ini, kedua fluida akan mengalir

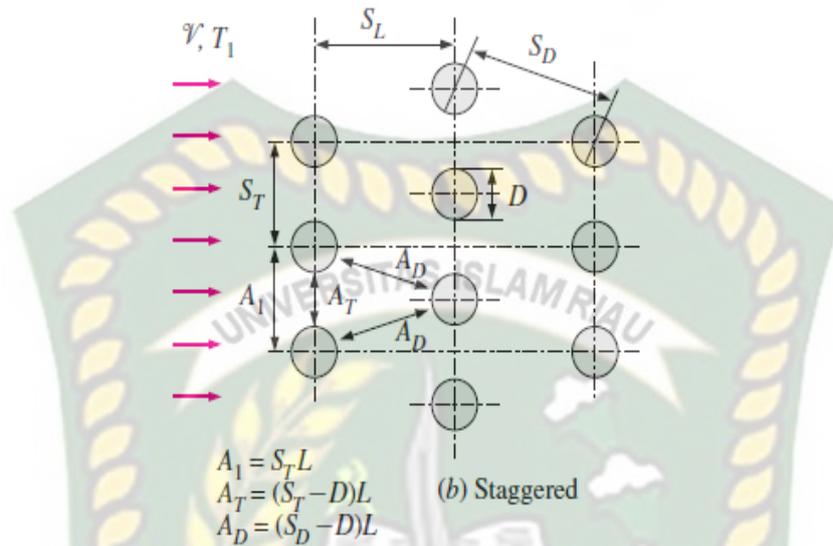
2.7 Aliran Menyilang Rangkaian Tabung (*Tube Banks*)

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 2.2 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 2.16 Tabung garis selang-seling.

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

Pipa-pipa pemanas yang akan digunakan pada alat pengering ini adalah susunan tabung dengan jenis *staggered*. Dimana S_T merupakan jarak vertikal pipa-pipa pemanas, S_L merupakan jarak horizontal pipa-pipa pemanas, S_D jarak garis yang ditarik dari suatu titik sudut terhadap sudut yang saling berhadapan sehingga selalu melintang antara pusat pipa, D merupakan diameter pipa-pipa pemanas. Dengan cara perpindahan kalor konveksi paksa, karena perpindahan kalor di bantu menggunakan blower.

2.8 Persamaan Unjuk kerja Alat pengering

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 (${}^{\circ}V_{max}$)

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

Dimana :

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

S_D = Jarak diagonal terhadap titik pusat pia (m)

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

- *Reynolds Number* (Re_D)

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

Dimana :

ρ = Massa jenis udara (kg/s)

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

D = Diameter pipa-pipa pemans (m)

μ = Viskositas kinematik (m^2/s)

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

- Bilangan *Nusselt* (Nu_D)

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

- Koefisien perpindahan panas (h) :

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

Dimana :

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

- Permukaan daerah perpindahan panas (A_s)

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

Dimana :

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

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

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

$$\dot{m} = \rho_1 \cdot V \cdot A$$

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

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 = Luas penampang masuk udara (m^2)

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

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

- Perbedaan Temperatur

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

- 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*)

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

Dimana :

M_f = Massa Konsumsi Bahan Bakar, (kg)

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

t = Waktu Pengeringan (s)

3. Konsumsi Bahan Bakar per jam

$$M_{fh} = \frac{M_f}{h}, \text{ (kg/h)} \dots \text{Pers. 2.12}$$

Dimana :

M_{fh} = Massa Bahan Bakar terpakai selama pengeringan (kg)

h = Waktu pengeringan (h)

4. Waktu pembakaran (*Burning rate*).

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

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

Dimana :

M_f = Massa Konsumsi Bahan Bakar, (kg)

t = Waktu Pengeringan, (s)

5. Perhitungan Kadar Air

- Kadar air kopra yang hilang (M_{bb})

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

(Sumber : Kusumah, Herminianto dan Andarwulan, 1989, prinsip teknologi pangan, rawaii press, jakarta))

Dimana : W_m = Berat air kopra yang hilang (kg)

W_d = Berat kopra setelah dikeringkan (kg)

- Mutu kopra (M_k)

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

Dimana :

M_k : Mutu kopra (%)

M_{AK} : Kadar air awal kopra (nilai nya : 50 – 55%)

M_{bb} : Kadar air kopra basis basah

(Sumber: sinaga, sriwijaya edwin, 1989, modifikasi dan uji performanc alat pengering kopra dengan pemanas tidak langsung, institut bogor)

6. Kecepatan pengeringan (% bk/jam)

$$\% \text{ bk/jam} = \frac{\text{kadar air awal} - \text{kadar air akhir}}{\text{lama pengeringan}} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.16}$$

Sumber : Kusumah, Herminianto dan Andarwulan, 1989, prinsip teknologi pangan, rawaii press, jakarta)

7. Kebutuhan Energi Pengeringan

- Jumlah air yang diuapkan (E)

$$E = \frac{100(M_{bb} - M_{bk})}{(100 - M_{bb})(100 - m_{bk})} \times Wd, \text{ (kg)} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.17}$$

Dimana :

- E = Beban uap air (kg)
- M_{bb} = Kadar air basis basah (%)
- M_{bk} = Kadar air basis kering (%)

- Laju penguapan air (W)

$$W = \frac{E}{t} \text{ (kg/jam)} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.18}$$

Dimana :

- E = Jumlah air yang diuapkan (kg)
- t = Lama Pengeringan (jam)

(Sumber : Henderson M.S. dan R.L perry, 1955, agricultural process Engineering. new york: john wiley and son, inc)

- Energi penguapan air (Q_1)

$$Q_1 = E \times h_{fg}, \text{ (kJ)} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.19}$$

Dimana :

E = Beban uap air (kg)

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

(Sumber: sinaga,sriwijaya edwin, 1989, modifikasi dan uji performanc alat pengering kopra dengan pemanas tidak langsung,institut bogor)

- Energi pemanasan udara (Q_2)

$$Q_2 = m \times C_p \times (T_2 - T_1), \text{ (kJ)} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.20}$$

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

Dimana : m = Massa aliran udara (kg/jam)

V = Kecepatan aliran udara (m/s)

ρ = Massa jenis udara (kg/m³)

A = Luas penampang cerobong (m²)

C_p = Panas jenis udara (kJ/kg °C)

T_1 = Temperatur ruang (°C)

T_2 = Temperatur lemari pengering (°C)

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

- Energi bahan bakar (Q_{bb})

$$Q_{bb} = W_b \times h_d, \text{ (kJ)} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.21}$$

Dimana :

W_b = Jumlah bahan bakar terpakai (kg)

h_d = Nilai kalor tempurung kelapa (kJ/kg)

= 1724,96 kJ/kg

(Sumber : komar,nur , 2001,penerapan pengasap ikan laut bahan bakar tempurung kelapa.)

8. Kerugian Panas Pada cerobong (Q_{losses})

$$Q_{losses} = \dot{m}_c \times C_p \times (T_{in} - T_{out}) \dots\dots\dots \text{Pers. 2.22}$$

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

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)

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

9. Penampilan Efisiensi Alat

- Efisiensi pemanasan (η_1)

$$\eta_1 = \frac{Q_2}{Q_t} \times 100 \% \dots\dots\dots \text{Pers. 2.24}$$

- Efisiensi pengeringan (η_2)

$$\eta_2 = \frac{Q_1}{Q_{bb}} \times 100 \% \dots\dots\dots \text{Pers. 2.25}$$

(Sumber : sinaga, sriwijaya edwin, 1989, modifikasi dan uji performanc alat pengering kopra dengan pemanas tidak langsung, institut bogor)

2.9 Tanaman Kelapa

Tanaman kelapa (*Cocos nucifera L.*) merupakan salah satu tanaman yang termasuk dalam *famili Palmae* dan banyak tumbuh di daerah tropis, seperti di Indonesia. Tanaman kelapa membutuhkan lingkungan hidup yang sesuai untuk pertumbuhan dan produksinya. Faktor lingkungan itu adalah sinar matahari,

temperatur, curah hujan, kelembaban, dan tanah (Palungkun, 2001), \pm 97% usaha tanaman kelapa di Indonesia merupakan perkebunan rakyat yang melibatkan sekitar 3,1 juta keluarga petani.

Kelapa dikenal sebagai tanaman yang serbaguna karena seluruh bagian tanaman ini bermanfaat bagi kehidupan manusia serta mempunyai nilai ekonomis yang cukup tinggi. Salah satu bagian yang terpenting dari tanaman kelapa adalah buah kelapa. Buah kelapa terdiri dari beberapa komponen yaitu kulit luar (*epicarp*), sabut (*mesocarp*), tempurung kelapa (*endocarp*), daging buah (*endosperm*), dan air kelapa.

Kopra adalah daging buah kelapa yang dikeringkan. Kopra merupakan salah satu produk turunan kelapa yang sangat penting, karena merupakan bahan baku pembuatan minyak kelapa dan turunannya. Untuk membuat kopra yang baik diperlukan kelapa yang telah berumur sekitar 300 hari dan memiliki berat sekitar 3-4 kg.

Kopra (Daging kelapa) didapat dengan mencungkil dari tempurung secara manual atau memakai mesin cungkil kopra kemudian dikeringkan dengan bantuan sinar matahari atau panas buatan. Bentuk dari kopra bisa kita liat pada gambar 2.19.



Gambar 2.17 kopra (daging kelapa)

Sumber : <https://en.wikipedia.org/wiki/Copra>

Kopra adalah daging buah yang dikeringkan. Kopra merupakan salah satu produk turunan kelapa yang sangat penting. Pada tahun 2005 volume ekspor kopra hampir mencapai 50 ribu ton, dan nilai ekspor kopra menempati peringkat tiga setelah minyak kelapa dan minyak goreng dalam volume dan nilai ekspor produk turunan kelapa. (<http://manado.tribunnews.com>)

Peluang yang sangat besar untuk industri pengolahan kelapa di Indonesia, terutama sekali industri minyak kelapa (minyak goreng). Salah satu kendala industri rakyat selama ini adalah kalah saing dengan minyak produksi industri besar. Kendala ini disebabkan oleh kualitas minyak yang dihasilkan industri rakyat sangat rendah karena kopra sebagai bahan bakunya berkualitas rendah, dan mempunyai kadar air yang tinggi (Junaidi, Bukhari&Maimuzar 2011).

Teknik pengolahan kopra ada empat macam antara lain :

1. pengeringan dengan sinar matahari (*sun drying*)
2. Penjemuran dengan tudung plastik

3. pengeringan dengan pengarangangan atau pengasapan di atas api (*smoke curing or drying*)
4. pengovenan

2.10 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

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.

Tujuan dari proses pembakaran pada bahan bakar adalah untuk memperoleh energi panas (*heat energy*). Hasil pembakaran bahan bakar yang berupa energi panas dapat di ubah kebentuk energi lain seperti 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. bahan bakar yang di gunakan dalam alat pengering adalah temperung 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, D., 1981. *Wood combustion : principles, process and economics, academics press inc., New york*). Bentuk dari temperung kelapa bisa kita liat pada gambar

2.20



Gambar 2.18 tempurung kelapa

Tabel 2.4 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

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

