

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Jenis-jenis Energi Terbarukan

Indonesia mempunyai potensi sumber energi biomassa sekitar 50 GW, sedangkan surya antara 4,8-5,2 kWh/m²/hari. Sumber energi biomassa dan surya merupakan bagian dari sumber energi terbarukan yang sifatnya bersih dan saat penggunaannya tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca. Kedua sumber energi terbarukan sudah sejak lama dimanfaatkan di negara kita walaupun energi biomassa dalam bentuk bahan bakar cair (bio-diesel dan bio-ethanol) baru berkembang pada beberapa tahun terakhir setelah Indonesia terpaksa menjadi pengimpor BBM (*oil net importer*). Penerapan solar PV (*PhotoVoltaic*) juga sudah lama sejak awal 1970an tetapi mengalami kendala karena pemanfaatannya terbatas untuk kebutuhan rumah tangga untuk penerangan dan tidak untuk kegiatan produktif. Masalah lain ketersediaan kegiatan pelayanan purna jual serta buku pedoman sehingga beberapa komponen sistem yang dikenal dengan SHS (*Solar Home System*) digunakan untuk keperluan lain yang menyebabkan kurang berfungsinya sistem secara optimal dan bahkan banyak yang gagal berfungsi sama sekali. Disamping itu umumnya introduksi teknologi banyak ditangani oleh pemerintah dalam bentuk bantuan sosial sehingga peranan pihak swasta menjadi berkurang.

Kecuali Solar PV dan pembangkit listrik surya termal (*steam turbin*), teknologi pemanfaatan energi surya termal untuk tujuan pemanasan/pengeringan dan pendinginan maupun teknologi konversi energi biomassa untuk pembuatan bahan

bakar padat, cair dan gas sudah dapat dikuasai oleh bangsa kita. Walaupun demikian pemanfaatan dari berbagai teknologi tersebut, masih terbatas pada kegiatan penelitian ataupun mengisi program pemerintah seperti program DME (Desa Mandiri Energi) dan belum banyak sektor swasta yang terlibat (Menkoekuin, 2008). Hal ini telah menyebabkan belum banyaknya teknologi berbasis sumber energi terbarukan yang mendapatkan nomor SNI maupun paten. Diseminasi teknologi masih terkendala dalam berbagai hal antara lain sistem penganggaran yang belum bersifat jangka panjang (*multi years*) dan belum terjadinya sinergi berbagai program terkait (DRN, Dikti, Departemen Teknis). Teknologi berbasis energi surya dan biomassa dapat dijabarkan sebagai berikut:

➤ **Berdasarkan teknologi energi surya dibagi :**

- 1) Surya Elektrik (Solar PV) sebagai satu daya, untuk berbagai kerja seperti untuk penerangan, pompa air, pendinginan termoelektrik.
- 2) Surya termal, yang terbagi atas 2 bagian :
 - a. Surya langsung (pengeringan, pemanasan (*solar water heater, solar cooker*), pendinginan (absorpsi, adsorpsi), penyulingan air bersih, pembangkit listrik tenaga uap, pemanasan pembakaran eksternal (*Stirling engine*), penyinaran (day lighting), dll.
 - b. Surya pasif (tak langsung) berupa OTEC, pendinginan nokturnal, untuk penyejukan udara (AC) atau peyimpan komoditas pertanian dan perikanan.

➤ **Berdasarkan teknologi konversi energi biomassa dikelompokkan menjadi:**

- 1) Bahan bakar padat:
 - a. Pembuatan arang

- b. Briket limbah organik
 - c. Pellet
- 2) Bahan bakar cair
- a. Biodiesel melalui proses transesterifikasi (BPPT, ITB, IPB, UGM)
 - b. Bio-ethanol melalui proses fermentasi (MEDCO)
- 3) Bahan bakar gas
- a. Gasifikasi/ CHP (combined heat and power)
 - b. Biogas

2.2 Bahan Bakar

Bahan bakar diartikan sebagai bahan yang apabila dibakar mengalami suatu proses pembakaran dengan sendirinya, disertai dengan pengeluaran kalor. Bahan bakar utama dewasa ini adalah bahan bakar fosil, yaitu gas alam, minyak bumi, dan batu bara. Bahan bakar fosil itu berasal dari pelapukan sisa organisme, baik tumbuhan atau hewan. Pembentukan bahan bakar fosil ini memerlukan waktu ribuan sampai jutaan tahun. Bahan bakar dibakar dengan tujuan untuk memperoleh kalor, yang dapat digunakan baik secara langsung maupun tidak langsung. Penggunaan kalor pada proses pembakaran secara langsung contohnya untuk memasak dan instalasi pemanas. Sedangkan penggunaan kalor secara tidak langsung contohnya diubahnya kalor menjadi energi mekanik, seperti pada motor bakar dan juga diubahnya kalor menjadi energi listrik seperti pada pembangkit listrik tenaga uap, tenaga gas dan tenaga diesel.

Penggunaan bahan bakar fosil yang berlebih akan mengakibatkan berkurangnya cadangan bahan bakar fosil. Untuk itu, maka perlu dicari alternatif pengganti bahan bakar fosil, sekarang ini banyak masyarakat membuat bahan bakar

dari bioetanol, biogas, batok kelapa, kayu dan lain-lain. Demikian juga pada alat tungku pemanas pada ruang pengering yang menggunakan bahan bakar alternatif sehingga tidak bergantung pada bahan bakar fosil. Pada penelitian ini bahan bakar yang digunakan sebagai proses pembakaran menggunakan bahan bakar batok kelapa dan kayu bakar. Penggunaan bahan bakar batok kelapa dan kayu bakar pada penelitian ini dikarenakan bahan bakar tersebut sangat mudah di dapat serta biayanya murah. Untuk bahan bakar batok kelapa nilai kalori yang terkandung adalah 7392 kJ/kg sedangkan untuk bahan bakar kayu bakar adalah 14400-17400 kJ/kg ^[4].

2.3 Perancangan Desain Tungku Pemanas

Suatu perancangan desain diperlukan mekanisme kerjanya? untuk itu desain tungku pemanas ini dibuat berdasarkan konsep dari suatu perancangan. Mesin pengering yang dilakukan dengan menggunakan tambahan panas memberikan beberapa keuntungan antara lain :

- a. Tidak bergantung pada perubahan cuaca.
- b. Kapasitas pengeringan dapat diatur sesuai dengan kebutuhan.
- c. Kondisi pengeringan dapat dikontrol.

Sehingga dengan adanya penambahan panas (tungku pemanas) pengeringan yang dilakukan dapat dengan mudah dilakukan, bisa juga dengan adanya sumber panas dari matahari maka semakin cepat dalam pengeringan suatu bahan.

Di dalam suatu pengeringan perlu juga diperhatikan temperatur suhunya karena semakin tinggi suhu yang digunakan maka semakin tinggi energi yang disuplai dan makin cepat laju pengeringannya sehingga akan merusak bahannya. Apabila hal tersebut terjadi maka permukaan bahan menjadi cepat kering sehingga

tidak sebanding dengan pergerakan kadar air ke permukaan bahan. Untuk mengatasi hal tersebut maka diperlukan kontrol pada temperatur panas yang akan masuk ke dalam ruang pengering yaitu dengan penambahan switch kontrol temperatur, artinya panas yang masuk di set sesuai dengan kebutuhan temperaturnya. Pada dasarnya tungku pemanas ini didesain untuk mempermudah di dalam proses pengeringan serta mudah dalam pengoperasian dan perawatannya. Disamping itu alat ini murah karena bahan/material yang digunakan mudah didapat dipasaran, handal karena minimnya alat mekanik yang digunakan serta pengoperasiannya lebih mudah sehingga petani/nelayan lebih cepat dan ringan dalam bekerja demikian pula perawatannya.

Pada tungku pemanas udara panas yang dihasilkan oleh tungku ini bersih artinya tidak bercampur dengan asap dikarenakan pembakaran yang di lakukan hanya mengambil panas dari pembakaran tersebut serta penggunaannya sangat mudah sekali. Tungku pemanas ini juga dapat digunakan di dalam ruangan (*indoor*) atau diluar ruangan (*outdoor*) dan biasanya dikombinasikan dengan ruang pengering. Tungku pemanas ini dalam penggunaan bisa di pindahkan atau disimpan jika tidak digunakan, jadi sistem bisa dipasang permanen (tetap) atau dipasang tidak permanen. Contoh gambar tungku pemanas pada ruang pengering bisa dilihat pada gambar 2.1 a serta 2.1 b.



Gambar 2.1 a. tungku pemanas



Gambar 2.1 b. ruang pengering bentuk kubus

Adapun spesifikasi dari tungku pemanas untuk ruang pengering diatas adalah :

- a. Dimensi : Tinggi 80 cm, lebar 40 cm dan panjang 50 cm dan cerobong setinggi
2 m
- b. Bahan : Terbuat dari logam dan dilapisi oleh asbes untuk isolasi, dan kipas angin
125 Watt
- c. Bahan bakar : Potongan kayu, batok kelapa, arang dan biomassa lainnya, bisa juga
menggunakan gas
- d. Temperatur yang dihasilkan : Berkisar antara $70^{\circ}\text{C} - 90^{\circ}\text{C}$

Sedangkan spesifikasi dari ruang pengering tipe diatas adalah :

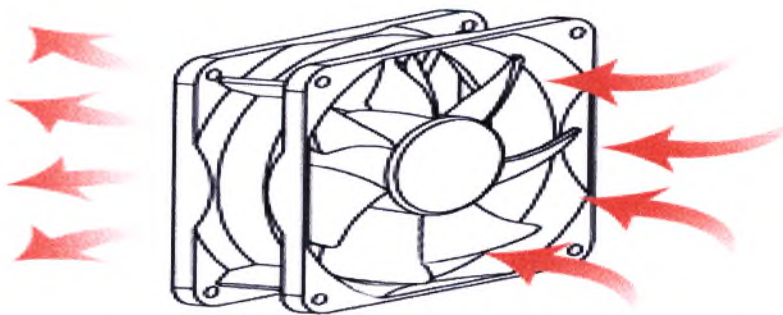
- a. Dimensi : Panjang 3 m, lebar 2 m dan tinggi 2,25 m
- b. Bahan : Terbuat dari polycarbone, rangka bisa menggunakan besi, kayu atau
aluminium, 1 unit kipas angin 150 Watt, 1 unit tungku pemanas dengan
bahan bakar 2 s/d 3 kg kayu/batok kelapa per-jam, kontrol temperatur.
- c. Proses pengeringan : Enam buah rak tempat meletakkan cumi, udang dan ikan
serta hasil laut. Untuk cumi bisa diletakkan dirak/ digantung
serta lama rata-rata pengeringan ± 2 Hari.
- d. Temperatur ruang pengering : Berkisar antara $40^{\circ}\text{C} - 60^{\circ}\text{C}$.

2.4 Kipas Angin Sebagai Komponen pada Tungku Pemanas

Kipas angin yang digunakan tungku pemanas mempunyai daya listrik sebesar 125 Watt. Prinsip kerjanya adalah aliran udara yang dihasilkan dari kipas angin mengalirkan panas ke dalam ruang pengering yang disebabkan hasil dari pembakaran tungku pemanas. Aliran udara kipas angin yang dihasilkan sebagian keluar agar udara panas yang dihasilkan dari pembakaran tungku pemanas tidak sepenuhnya

masuk kedalam ruang pengering. Jika jumlah aliran udara yang masuk sama, gerakan dan arah akan menyebabkan hasil yang berbeda. Aliran udara dan tingkat kecepatan angin tekanan terkait satu sama lain, untuk merancang sebuah kipas yang menciptakan jumlah tinggi aliran udara, tekanan angin lebih rendah akan diperlukan. Demikian juga, tekanan angin tinggi dengan aliran udara rendah dapat mengakibatkan kipas angin dengan disipasi panas yang buruk. Oleh karena itu, hanya cocok disipasi panas peralatan dengan jumlah yang tepat aliran udara dan tekanan dapat membuat fungsional kipas angin jadi maksimal .

Kecepatan kipas ditentukan oleh sebuah motor, tegangan operasi, jumlah blade fan, sudut, tinggi, diameter dan sistem bantalan. Karena perubahan suhu lingkungan, menyesuaikan kecepatan kipas untuk memodifikasi suhu diperlukan alat pengontrol kecepatan kipas angin fungsinya untuk menyesuaikan kecepatan kipas secara manual dan otomatis. Kontrol manual untuk kipas angin bertujuan agar kebisingan yang ditimbulkan rendah dan kecepatan rendah ketika udara diluar mendung/hujan, sedangkan di musim panas untuk memiliki kecepatan tinggi dengan kemampuan disipasi panas yang baik. Jenis kontroler panas otomatis memiliki sensor untuk menyesuaikan kecepatan kipas berdasarkan pengontrol suhu didalam ruang pengering. Berikut gambar 2.2 aliran pada kipas angin di dalam tungku pemanas dibawah ini.



Gambar 2.2 aliran kipas angin

2.5 Prinsip-prinsip pada Pembakaran

2.5.1 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. Oksigen (O_2) merupakan salah satu elemen bumi paling umum yang jumlahnya mencapai 20.9% dari udara ^[4]. Bahan bakar padat atau cair harus diubah ke bentuk gas sebelum dibakar. Biasanya diperlukan panas untuk mengubah cairan atau padatan menjadi gas. Bahan bakar akan terbakar pada keadaan normal jika terdapat udara yang cukup. Bahan bakar yang sudah terbakar akan menghasilkan panas yang kemudian masuk kedalam ruang pengering.

Pada saat sinar matahari muncul maka akan mengurangi efisiensi pembakaran dengan cara menyerap panas yang dihasilkan. Sinar matahari juga mengurangi transfer panas pada permukaan alat penukar panas serta meningkatkan volume hasil dari pembakaran, yang juga harus dialirkan melalui alat penukar panas sampai ke cerobong serta kedalam ruang pengering. Pada saat pembakaran temperatur panas yang dihasilkan bisa mencapai $600^0 - 900^0$ C sehingga temperatur yang masuk kedalam ruang pengering bisa mencapai $40^0 - 60^0$ C. Bahan bakar yang terbakar akan membentuk CO_2 serta menghasilkan lebih banyak panas per satuan bahan bakar daripada bila menghasilkan CO atau asap. Setiap kilogram bahan bakar kayu kering yang terbentuk berarti nilai kalor yang dihasilkan sebesar 14400-17400 kJ/kg ^[4].

2.5.2 Pembakaran Tiga T

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

pembakaran yaitu Temperatur (*Temperature*) yang cukup tinggi untuk menyalakan dan menjaga penyalaan bahan bakar, Turbulensi (*Turbulence*) atau pencampuran oksigen dan bahan bakar yang baik, dan Waktu (*Time*) yang cukup untuk pembakaran yang sempurna. Bahan bakar yang digunakan seperti kayu kering dan batok kelapa. Uap air yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar akan mengandung karbon. Kayu kering mengandung lebih banyak hidrogen dan lebih sedikit karbon/kg daripada bahan bakar batok kelapa, sehingga akan memproduksi lebih banyak uap air. Sebagai akibatnya, akan lebih banyak panas yang terbawa pada pembuangan saat membakar kayu kering. Terlalu banyak, atau terlalu sedikitnya bahan bakar pada jumlah udara pembakaran tertentu, dapat mengakibatkan tidak terbakarnya bahan bakar dan terbentuknya karbon monoksida. Jumlah O₂ tertentu diperlukan untuk pembakaran yang sempurna dengan tambahan sejumlah udara (udara berlebih) diperlukan untuk menjamin pembakaran yang sempurna. Walau demikian, terlalu banyak udara berlebih akan mengakibatkan kehilangan panas dan efisiensi didalam pembakaran. Berikut tabel komposisi dan nilai kalor beberapa bahan bakar.

Table 2.1 komposisi dan nilai kalor beberapa bahan bakar ^[4].

Bahan bakar	Komposisi (% berat)						Nilai kalori kJ/kg	vol.udara pbkrn teoritis (m ³ /kg)	vol.gas yg di hslkn trtis(m ³ /kg)
	C	H	O+N	S	H2O	Abu			
Batubara	84	1	-	-	12	3	29.600	8.4	8.4
Kayu kering	35-45	3-5	34-42	-	7-22	0.3-3	14.400-17.400	4.4	5
batok kelapa	86,25	2,69	50-60	-	30	0.2-2	7.392	8,84	9
Gas alam	75	25	-	-	-	-	37.200	9.5	8.5
Propana (C ₃ H ₈)	82	18	-	-	-	-	93.900	24	22
Butana (C ₄ H ₁₀)	83	17	-	-	-	-	130.000	31	27

2.6 Teori Perhitungan

2.6.1 Analisis Perpindahan Panas

Perpindahan panas dapat didefinisikan sebagai berpindahnya energi dari satu daerah ke daerah lain sebagai akibat dari perbedaan suhu antara daerah-daerah tersebut. Perpindahan panas dibedakan atas konduksi, konveksi dan radiasi.

1. Konduksi

Konduksi adalah proses dimana panas mengalir dari daerah yang bersuhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah didalam satu medium (padat, cair, gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung. Kecepatan perpindahan kalor bergantung pada panjang, luas penampang, suhu dan jenis bahan. Rumus dasar perpindahan panas secara konduksi adalah :^[7]

$$Q = -kA \frac{\Delta T}{x} \quad (2.1)$$

dimana:

Q = laju perpindahan panas (Watt)

k = konduktivitas panas (W/m.°C)

A = luasan perpindahan panas arah normal Q (m²)

ΔT = beda temperatur (°C)

x = ketebalan bahan (m)

2. Konveksi

Konveksi adalah proses perpindahan panas disertai perpindahan molekul zat akibat perbedaan massa jenis. Misalnya, air dipanaskan akan memuai sehingga massanya

lebih kecil, akibatnya air yang panas tadi mengalir dan tempatnya akan diisi oleh air yang lebih dingin karena massa jenisnya lebih besar. Konveksi dapat terjadi pada fluida (zat alir) baik zat cair maupun gas. Contoh konveksi antara lain terjadinya angin darat (malam hari), angin laut (siang hari), dan aliran udara dalam ruang yang berventilasi. Konveksi dibedakan menjadi dua jenis, yaitu konveksi paksaan (*forced convection*) dan konveksi alamiah (*natural convection*). Jika suatu bahan yang dipanaskan dipaksa bergerak dengan alat peniup atau pompa, prosesnya disebut konveksi paksaan. Sedangkan jika bahan itu mengalir akibat perbedaan rapat massa, prosesnya disebut konveksi alamiah atau konveksi bebas. Rumus dasar perpindahan panas secara konveksi adalah :^[7]

$$Q = h \cdot A \cdot T_{\infty} - T_w \quad (2.2)$$

dimana:

Q = laju perpindahan panas (Watt)

H = koefisien perpindahan panas ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

A = luasan perpindahan panas arah normal Q (m^2)

T_w = temperatur permukaan benda ($^\circ C$)

T_{∞} = temperatur fluida ($^\circ C$)

3. Radiasi

Radiasi adalah cara energi termal berpindah dalam vakum dan ruangan kosong diantara molekul-molekul. Radiasi adalah peristiwa gelombang elektromagnetik. Radiasi dimaksudkan ialah pancaran (emisi) energi terus menerus dari permukaan semua benda. Energi ini dinamakan energi radian dan dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Gelombang ini bergerak secara cepat dengan kecepatan cahaya

$(3 \times 10^8 \text{ m/s})$ dan dapat melewati ruang hampa, dan juga melalui udara [7]. Rumus dasar perpindahan panas secara radiasi adalah : [7]

$$Q = \epsilon AT \sigma \quad (2.3)$$

dimana:

Q = panas yang dipancarkan (Watt)

ϵ = emisivitas permukaan benda (0 s.d. 1)

A = luas perpindahan panas (m^2)

T = temperatur permukaan benda ($^{\circ}\text{C}$)

σ = konstanta Steven Boltzmann ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}^4$)

Untuk benda hitam sempurna nilai emisivitasnya (ϵ) adalah 1 dan besar nilai $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}^4$

2.6.2 Menghitung Nilai Energi Bahan Bakar

Dengan menentukan nilai perubahan suhu (ΔT) pada bahan bakar maka akan dapat ditentukan besarnya energi bahan bakar yang dibutuhkan, dengan diketahuinya nilai energi yang dibutuhkan maka dapat ditentukan masing-masing bahan bakar pada tungku pemanas. Untuk menghitung nilai energi pada bahan bakar pada tungku pemanas digunakan rumus berikut ini: [9]

$$Q_{bb} = \frac{m_{bb} \times l_{hv}}{t} \quad (2.4)$$

Dimana :

Q_{bb} = nilai energi bahan bakar (kJ/s)

m_{bb} = massa pada bahan bakar (kg)

l_{hv} = nilai kalori pada tiap bahan bakar (kJ/kg)

t = waktu pada saat pembakaran (s)

Dengan mengetahui nilai energi pada tiap bahan bakar maka dapat dilakukan penyesuaian terhadap proses pembakaran, misalnya untuk mengetahui penggunaan bahan bakar didalam tungku pemanas pada ruang pengering tipe kubus supaya sesuai dengan yang diinginkan.

2.6.3 Menghitung Panas yang Diserap Udara

Yang dimaksud dengan panas yang diserap udara adalah hasil perbandingan antara panas yang diserap udara dan yang terbuang kedalam ruang pengering. Panas yang diserap udara penting untuk menganalisis temperatur yang masuk dan keluar didalam tungku pemanas pada ruang pengering. Panas yang diserap secara keseluruhan juga mencakup kecepatan udara pada kipas, massa udara, panas spesifik dan luas penampang. Untuk menghitung panas yang diserap udara pada tungku pemanas digunakan rumus berikut ini: ^[9]

$$Q_{ud} = \dot{m} \times c_p \times (T_{out} - T_{in}) \quad (2.5)$$

Dimana:

Q_{ud} = kalor yang diserap udara (kJ/s)

\dot{m} = massa udara pada bahan bakar (kg/s)

C_p = panas spesifik = 1,005 kJ/kg.K^[10]

T_{out} = temperatur didalam ruang pengering ($^{\circ}$ K)

T_{in} = temperatur lingkungan sekitar ($^{\circ}$ K)

Sedangkan untuk mencari nilai massa udara pada bahan bakar dapat dihitung dengan rumus berikut ini: ^[9]

$$\dot{m} = \rho_{ud} \times v \times A \quad (2.6)$$

Dimana :

\dot{m} = massa udara pada bahan bakar (kg/s)

v = kecepatan udara pada kipas (m/s)

A = luas penampang pada tungku pemanas (m)

ρ_{ud} = 1,14 kg/m^[10]

2.6.4 Menghitung Panas Hilang

Panas atau kalor merupakan salah satu bentuk energi. Suatu benda dapat melepas kalor pada benda-benda lain dan kalor yang diterima benda lain akan sama dengan kalor yang dilepas benda tersebut. Dalam hal ini berlaku asas black yaitu kalor yang dilepas = kalor yang diterima^[8]. Kalor juga didefinisikan sebagai energi yang berpindah dari satu tempat ke tempat yang lain akibat adanya perbedaan suhu. Sedangkan panas hilang adalah panas yang terbuang melalui proses pembakaran dan melalui udara yang keluar baik dicerobong, lantai dibawah tungku, serta pada saat memasukan bahan bakar. Untuk menghitung panas hilang pada tungku pemanas digunakan rumus berikut ini:^[9]

$$\Delta Q = Q_{bb} - Q_{ud} \quad (2.7)$$

Dimana :

ΔQ = panas hilang pada tungku pemanas (kJ/s)

Q_{ud} = kalor yang diserap udara (kJ/s)

Q_{bb} = nilai energi bahan bakar (kJ/s)

Dengan mengetahui panas hilang pada tungku pemanas maka dapat diketahui pada bagian mana pada tungku pemanas panas yang hilang akan keluar sehingga temperatur yang masuk kedalam ruang pengering menjadi berkurang.

2.6.5 Efisiensi Tungku Pemanas pada Ruang Pengering

Yang dimaksud dengan efisiensi tungku pemanas adalah hasil perbandingan antara panas yang secara teoritis dibutuhkan dengan penggunaan panas yang sebenarnya dalam proses pembakaran bahan bakar. Sedangkan efisiensi pengeringan adalah hasil perbandingan antara panas yang secara teoritis dibutuhkan dengan penggunaan panas yang sebenarnya dalam proses pengeringan. Efisiensi penting untuk menganalisis proses pembakaran bahan bakar didalam tungku pemanas serta efisiensi untuk bentuk pengeringan dan memilih alternatif pengeringan. Efisiensi secara keseluruhan juga mencakup panas dihitung dari panas pembakaran bahan bakar. Untuk menentukan efisiensi tungku pemanas digunakan rumus berikut ini:^[9]

$$\eta = \frac{Q_{ud}}{Q_{bb}} \times 100\% \quad (2.8)$$

Keterangan :

η = efisiensi tungku pemanas (persen)

Q_{ud} = kalor yang diserap udara (kJ/s)

Q_{bb} = nilai energi pada bahan bakar (kJ/s)

Dengan mengetahui efisiensi tungku pemanas maka dapat dilakukan penyesuaian terhadap proses pembakaran misalnya untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan agar temperatur yang dihasilkan tercapai sesuai dengan yang diinginkan yaitu $70^{\circ}\text{C} - 90^{\circ}\text{C}$.