

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Pada proses penelitian ini dilakukan tentunya tidak terlepas dari penelitian-penelitian terdahulu yang dapat dijadikan sebagai acuan, sumber informasi ataupun sebagai perbandingan dari proses penelitian ini. Adapun hasil-hasil yang dijadikan perbandingan tentunya berkaitan dengan analisa laju aliran udara dan perubahan suhu. Adapun penelitian - penelitian terdahulu antara lain.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Rezza Amdana (2021) pada skripsinya yang berjudul “ Analisis Laju Aliran Udara Panas Pada Alat Pengering Produk Perkebunan kopi”. Bahwa berdasarkan Grafik yang dibuatnya, pemanfaatan alat pengering berpengaruh besar dalam mengurangi nilai kadar air pada biji kopi. Sedangkan proses pengeringan menggunakan sinar matahari pada grafik yang dibuat, sangat membutuhkan jangka waktu panjang untuk menghasilkan kadar air biji kopi yang diinginkan.

Chairil Anwar (2018) dalam skripsinya yang berjudul “ Kajian Distribusi Suhu Dan Aliran Udara Pada Alat Pengering *Chips* Temulawak Tipe Rak Menggunakan Simulasi *Computational Fluid Dynamic* (CFD) “. Bahwa hasil pengukuran langsung dan simulasi CFD pada alat pengering sangat dipengaruhi oleh sebaran suhu yang terjadi di dalam alat pengering yang merupakan pengaruh dari posisi *blower* untuk menyebarkan suhu di dalam ruang pengering. Serta perhitungan pada distribusi suhu dan aliran udara menggunakan simulasi CFD dikatakan valid apabila nilai rata-rata *error* validasi $< 10 \%$.

2.2. Teknik Pengeringan

Pengeringan adalah suatu cara untuk mengeluarkan atau menghilangkan sebagian besar air dari bahan dengan menggunakan energi panas. Menurut Hall, C.W.(1957. *Drying of Farm Crops*) proses pengeringan adalah proses pengambilan atau penurunan kadar air sampai batas tertentu sehingga dapat memperlambat laju kerusakan biji-bijian akibat biologis dan kimia sebelum bahan diolah (digunakan). Pengeluaran air dari bahan dilakukan sampai kadar air keseimbangan dengan lingkungan tertentu dimana jamur, enzim, mikroorganisme, dan serangga yang dapat merusak menjadi tidak aktif.

Tujuan pengeringan adalah untuk mengurangi kandungan air bahan sampai batas tertentu sehingga aman disimpan sampai pemanfaatan yang lebih lanjut. Dengan pengeringan, bahan menjadi lebih tahan lama disimpan, volume bahan lebih kecil, mempermudah dan menghemat ruang pengangkutan, mempermudah transportasi, dan biaya produksi menjadi murah.

Prinsip pengeringan adalah proses penghantaran panas dan massa yang terjadi secara serempak. Dalam pengeringan, air dihilangkan dengan prinsip perbedaan kelembaban antara udara pengering dengan bahan yang dikeringkan. Terdapat 3 periode dalam proses pengeringan, yaitu periode awal (*initial period*), dimana panas sensibel digunakan untuk menaikkan temperatur bahan yang dikeringkan, laju penguapan air meningkat seiring dengan waktu. periode laju konstan (*constant rate period*), dimana terjadi proses penguapan air bebas dari permukaan bahan yang dikeringkan, laju penurunan kadar air konstan, dan periode laju menurun (*falling rate period*), dimana pada tahap ini laju pengeringan

menurun. Pergerakan air dari bagian dalam bahan yang dikeringkan menuju ke permukaan menjadi faktor penentu kecepatan penurunan kadar air.



Gambar 2.1 Kurva Laju Pengeringan

Penghantaran panas pada pengeringan dapat dilakukan secara konduksi, konveksi, radiasi, dan dengan gelombang mikro. Sedangkan cara pengeringan dapat dilakukan secara alami maupun buatan (mekanis).

2.2.1. Pengeringan Alami

Pengeringan alami dapat dilakukan dengan penjemuran langsung dan dengan penjemuran dengan modifikasi. Penjemuran alami secara langsung biasanya menggunakan sarana pengeringan paling sederhana seperti lantai jemur, jalan beraspal atau tikar.



Gambar 2.2 Pengeringan Alami

Kelemahan penjemuran dapat diatasi dengan modifikasi penjemuran dengan kaca/plastik, dengan udara konveksi alami secara tidak langsung, dan pengeringan hibrid. Pengeringan dengan solar kolektor dan kombinasi, panas matahari dikumpulkan dengan kolektor kemudian dihembuskan udara ke bahan yang dikeringkan. Pengering matahari yang dikombinasikan dengan pemanasan buatan dinamakan pengering hibrid.

2.2.2. Pengeringan Buatan (Mekanis)

Pengeringan buatan dilakukan dengan menggunakan pemanasan dari hasil pembakaran. Media udara dihembus melalui pemanas atau kontak langsung ke produk yang dikeringkan. Pemanasan udara dapat dilakukan secara langsung (*direct*) dan tidak langsung (*indirect*). Pada dasarnya, pengeringan mekanis dibedakan menjadi dua macam yaitu sistem batch (*batch system*) dan sistem kontinyu (*continuous system*). Pada sistem *batch*, bahan yang dikeringkan dalam suatu wadah dan kontak antara bahan dengan udara pengering lama/berulang kali. Pada sistem kontinyu, bahan yang dikeringkan mengalir secara kontinyu dan kontak dengan udara pengering hanya sekali saat bahan berada pada kolom/zona pengeringan saja.



Gambar 2.3 Pengeringan Mekanis

Berikut table menyajikan karakteristik beberapa bahan tembus cahaya.

Tabel 2.1 Karakteristik transmitivitas bahan tembus cahaya (Nelson, 1978)

Jenis Bahan	Transmisi Cahaya (%)	Transmisi Panas (%)
Udara	100	100
Kaca (<i>double strenght</i>)	90	88
<i>Polyethylene :</i>		
a. 1 lapisan	88	-
b. 2 lapisan	81	-
<i>Fiberglass :</i>		
a. Bening (<i>clear</i>)	92-95	63-68
b. Warna <i>Jade</i>	81	61-68
c. Kuning	64	37-43
d. Putih salju	63	30-34
e. Hijau	62	60-68
f. Merah kekuningan (<i>coral</i>)	61	57-66
g. Jernih (<i>canary</i>)	25	20-23

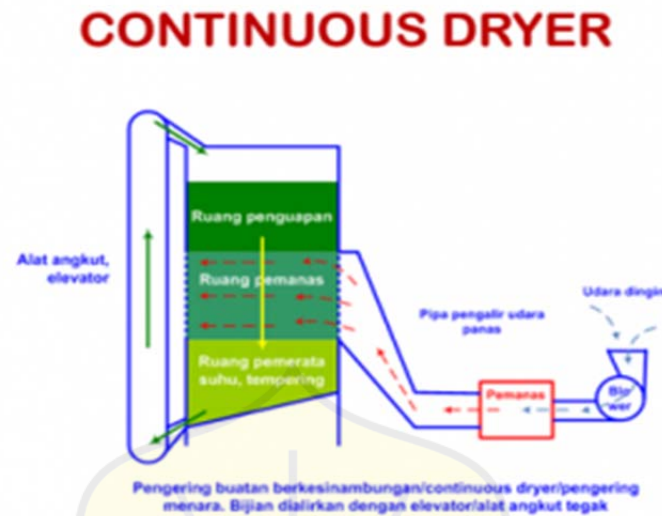
Desain pengering mekanis yang sering dijumpai :

1. Pengering tipe Batch (*Batch dryer*)



Gambar 2.4 Pengering tipe Batch

2. Pengering tipe kontinyu (*Continuous dryer*)



Gambar 2.5 Pengeringan tipe kontinyu

Kelebihan menggunakan pengering mekanis adalah dapat menghasilkan produk berkualitas, suhu terkontrol, dan laju bisa dipercepat. Pengeringan juga tidak tergantung iklim dan cuaca (tidak harus siang hari tetapi bisa malam hari), cocok untuk komoditas tinggi, serta ukuran dan kapasitas dapat dibuat besar. Sedangkan kelemahannya adalah biaya yang tinggi terutama bahan bakar.

2.3. Faktor Yang Mempengaruhi Proses Pengeringan

Pada proses pengeringan selalu diinginkan kecepatan pengeringan yang maksimal, karena dengan waktu yang singkat dalam proses pengeringan dapat menghemat biaya untuk menjalankan mesin pengering ini. Oleh karena itu, perlu dilakukan usaha-usaha untuk mempercepat perpindahan panas dan perpindahan massa (perpindahan massa dalam hal ini adalah perpindahan air keluar dari bahan yang dikeringkan dalam proses pengeringan tersebut), tentunya ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan untuk memperoleh kecepatan maksimum, yaitu :

2.3.1. Luas Permukaan Bahan yang dikeringkan

Pada proses pengeringan bahan, kandungan air menguap melalui permukaan bahan sedangkan kandungan air yang berada di bagian tengah akan merembes ke bagian permukaan dan kemudian menguap. Untuk mempercepat pengeringan umumnya bahan pangan yang akan dikeringkan dipotong-potong atau diirisiris terlebih dulu. Hal ini terjadi karena :

1. pemotongan atau pengirisan tersebut akan memperluas permukaan bahan dan permukaan yang luas dapat berhubungan dengan medium pemanasan sehingga air mudah keluar;
2. potongan-potongan kecil atau lapisan yang tipis mengurangi jarak dimana panas harus bergerak sampai ke pusat bahan pangan. Potongan kecil juga akan mengurangi jarak melalui massa air dari pusat bahan yang harus keluar ke permukaan bahan dan kemudian keluar dari bahan tersebut.

2.3.2. Perbedaan Suhu dan Udara Sekitarnya

Pada proses pengeringan apabila semakin besar perbedaan suhu antara medium pemanas dengan bahan, maka semakin cepat proses perpindahan panas sehingga mengakibatkan proses penguapan semakin cepat pula. Air yang keluar dari bahan yang dikeringkan akan menjenuhkan udara sehingga kemampuannya untuk menyingkirkan air berkurang. Jadi dengan semakin tinggi suhu pengeringan maka proses pengeringan akan semakin cepat.

Akan tetapi bila tidak sesuai dengan bahan yang dikeringkan, akibatnya akan terjadi suatu peristiwa yang disebut "*Case Hardening*", yaitu suatu

keadaan dimana bagian luar bahan sudah kering sedangkan bagian dalamnya masih basah.

2.3.3. Kecepatan Aliran Udara

Udara yang bergerak dan mempunyai gerakan yang tinggi selain dapat mengambil uap air juga akan menghilangkan uap air tersebut dari permukaan bahan yang dikeringkan, sehingga akan mencegah terjadinya atmosfer jenuh yang akan memperlambat penghilangan air. Apabila aliran udara disekitar tempat pengeringan berjalan dengan baik, proses pengeringan akan semakin cepat, yaitu semakin mudah dan semakin cepat uap air terbawa dan teruapkan.

2.3.4. Kelembaban Udara

Semakin lembab udara di dalam ruang pengering, dan sekitarnya maka akan semakin lama proses pengeringan berlangsung kering. Begitu juga sebaliknya, karena udara kering dapat mengabsorpsi dan menahan uap air.

Setiap bahan mempunyai keseimbangan kelembaban (RH keseimbangan) masing-masing, yaitu kelembaban pada suhu tertentu di mana bahan tidak akan kehilangan kandungan air (pindah) ke atmosfer atau tidak akan mengambil uap air dari atmosfer.

- a. Jika $RH \text{ udara} < RH \text{ keseimbangan}$ maka benda masih dapat dikeringkan.
- b. Jika $RH \text{ udara} > RH \text{ keseimbangan}$, maka benda akan menarik uap air dari udara.

2.3.5. Tekanan Udara

Semakin kecil tekanan udara akan semakin besar kemampuan udara untuk mengangkut air selama pengeringan, karena dengan semakin kecilnya

tekanan berarti kerapatan udara makin berkurang sehingga uap air dapat lebih banyak tertampung dan disingkirkan dari bahan yang dikeringkan. Sebaliknya jika tekanan udara semakin besar maka udara disekitar pengeringan akan lembab, sehingga kemampuan menampung uap air terbatas dan menghambat proses atau laju pengeringan.

2.4. Definisi Fluida

Menuru Raswari (1986. Mekanika fluida) fluida adalah suatu zat/bahan yang dalam keadaan setimbang tidak dapat menahan gaya atau tegangan geser (*shear force*). Fluida juga dapat didefinisikan sebagai zat yang dapat mengalir bila ada perbedaan tekanan dan atau tinggi.

Sedangkan secara umum, fluida adalah sebuah zat yang dapat mengalir dan dapat berubah bentuk secara terus-menerus jika terkena tekanan atau gaya geser. Fluida juga merupakan zat yang merujuk kepada zat cair (cairan) dan gas (uap). Banyak yang mengira kalau gas bukan termasuk fluida, padahal gas seperti angin dikategorikan sebagai fluida karena karakteristiknya.

2.5. Aliran Udara

Udara merupakan salah satu jenis fluida. Udara dapat berpindah dari satu tempat ke tempat lain akibat adanya perbedaan tekanan udara. Data yang dapat diperoleh dari aliran udara adalah sebagai berikut.

2.5.1. Kelembaman relatif atau *relative humidity* (RH)

Kelembaman relatif atau *Relative humidity* yaitu perbandingan fraksi molekul uap air pada udara basah dengan fraksi molekul uap air jenuh pada temperatur dry bulb pada tekanan yang sama (Ferianto, 2013: 2).

2.5.2. Temperatur Bola Kering dan Temperatur Bola Basah

Termometer yang lazim digunakan untuk mengukur temperatur adalah termometer bola kering. Sensor panas (*bulb*) adalah termometer yang digunakan untuk mengukur temperatur yang dijaga dalam kondisi kering, maka termometernya disebut sebagai termometer bola kering. Hasil pengukuran temperatur dengan alat ini disebut sebagai temperatur bola kering. Temperatur dikatakan pada keadaan biasa apabila ukuran temperatur tersebut tidak diberi penjelasan khusus maka dianggap sebagai ukuran bola kering.

Bahan dalam keadaan jenuh maka cairan yang ada disekeliling bulb termometer tidak dapat menguap lagi sehingga penunjukkan termometer basah menjadi sama dengan termometer bola kering. Kondisi udara ruang apabila belum mencapai saturasi maka penunjukkan termometer bola basah selalu lebih rendah dari bola kering, akibat adanya efek penguapan cairan yang terjadi pada termometer bola basah. Alat khusus yang dapat digunakan untuk mengukur bola basah dan bola kering disebut *Slink Psychrometer*.

2.5.3. Temperatur saturasi (*Saturation Temperature*)

Temperatur saturasi merupakan suhu suatu fluida (zat cair) berubah dari fase cair menjadi fase uap atau gas bahkan kebalikannya, yaitu dari fase gas berubah menjadi fase cair, disebut suhu saturasi. *Liquid* yang berada pada suhu saturasi disebut *liquid* saturasi dan uap atau gas yang berada pada suhu saturasi disebut uap saturasi, satu hal penting yang perlu diketahui adalah suhu saturasi untuk *liquid* (suhu dimana *liquid* akan menguap) dan suhu saturasi uap (suhu dimana uap mulai mengembun) adalah sama pada suatu tekanan tertentu.

Suhu saturasi adalah suhu maksimum *liquid* dan suhu minimum uap yang dapat dicapai. Usaha untuk menaikkan suhu *liquid* di atas suhu saturasi hanya akan menyebabkan menguapnya beberapa bagian dari *liquid*. Kejadian yang sama akan terjadi, bila adanya upaya untuk menurunkan suhu uap di bawah suhu saturasi uap, hanya akan menyebabkan beberapa bagian uap mengembun.

2.5.4. Volume Jenis

Volume jenis adalah perbandingan antara volume dengan massa zat.

2.5.5. Entalpi (Enthalpy)

Enthalpy adalah kandungan panas yang terkandung dalam zat. Setiap zat yang ada di bumi pasti memiliki enthalpy atau energi panas yang terkandung. Enthalpy memiliki satuan yaitu $\text{kJ/kg} \cdot ^\circ\text{K}$

2.5.6. Pengukuran Kelembaban

Kelembaban suatu aliran massa gas didapatkan dengan mengukur titik embun atau temperatur bola basah atau dengan cara absorpsi langsung

2.5.7. Metode Titik Embun

Metode titik embun contohnya ialah, sebuah piring mengkilap yang dingin apabila dimasukkan ke dalam gas yang kelembabannya tidak diketahui dan temperatur piringan itu berangsur-angsur diturunkan, sehingga piringan tersebut akan mencapai temperatur dimana terjadi kondensasi kabut pada permukaan mengkilap pada waktu pertama kali terbentuk, dan titik tersebut adalah titik embun. Temperatur adalah kesetimbangan antara uap di dalam fasa gas dan fasa cair. Skala termometer diperiksa sambil menaikkan temperatur piringan itu perlahan-lahan dan mencatat temperatur dimana kabut menghilang.

Kelembaban lalu dibaca dari grafik kelembaban pada temperatur rata-rata dimana kabut tersebut mulai terbentuk dan temperatur dimana kabut mulai menghilang.

2.5.8. Metode Psikometrik

Metode psikrometrik yaitu suatu cara yang umum digunakan untuk mengukur kelembaban adalah dengan menentukan temperatur bola basah dan temperatur bola kering secara bersamaan. Kelembaban didapatkan dengan menentukan garis psikrometrik yang memotong garis jenuh pada temperatur bola basah.

2.6. Teori Perpindahan Panas

2.6.1. Laju Perpindahan Panas

Selama proses pembakaran dari tungku masuk kedalam ruang pengering akan memberikan laju perpindahan panas sebesar :

$$Q = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

Q = laju perpindahan massa (kJ/s)

$\dot{m}$ = massa bahan yang digunakan (kg/s)

C_p = kalor spesifik (kJ/kg. °C)

ΔT = perbandingan suhu (°C)

Untuk menyelesaikan masalah di atas , perlu diketahui sebelumnya sifat-sifat fisik dari udara panas dari tungku dengan pedoman temperatur rata-ratanya, . Sifat – sifat fisik tersebut dapat dilihat dalam tabel di bawah ini :

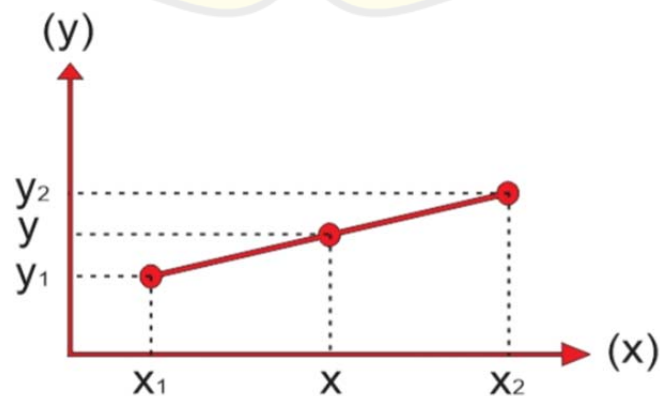
Tabel 2.2 Sifat Fisik Udara Berdasarkan Temperatur

T (K)	P (kg/m ³)	C _p (kJ/kg-°C)	μ (kg/m.s) x 10 ⁻⁵	ν (m ² /s) x 10 ⁻⁶	k (W/m-°C)	α (m ² /s) x10 ⁻⁴	Pr
100	3.6010	1.0266	0.692	1.923	0.00925	0.0250	0.770
150	2.3675	1.0099	1.028	4.343	0.01374	0.0575	0.753
200	1.7684	1.0061	1.329	7.490	0.01809	0.1017	0.739
250	1.4128	1.0053	1.488	9.490	0.02227	0.1316	0.722
300	1.1774	1.0057	1.983	16.84	0.02624	0.2216	0.708
350	0.9980	1.0090	2.075	20.76	0.03003	0.2983	0.697
400	0.8826	1.0140	2.286	25.90	0.03365	0.3760	0.689
450	0.7833	1.0207	2.484	31.71	0.03707	0.4222	0.683
500	0.7048	1.0295	2.671	37.90	0.04038	0.5564	0.680
550	0.6423	1.0392	2.848	44.34	0.04360	0.6532	0.680
600	0.5879	1.0551	3.018	51.34	0.04659	0.7512	0.680
650	0.5430	1.0635	3.177	58.51	0.04953	0.8578	0.682
700	0.5030	1.0752	3.332	66.25	0.05230	0.9672	0.684
750	0.4709	1.0856	3.481	73.91	0.05509	1.0774	0.686
800	0.4405	1.0978	3.625	82.29	0.05779	1.1951	0.689
850	0.4149	1.1095	3.765	90.75	0.06028	1.3097	0.692
900	0.3925	1.1212	3.899	99.30	0.06279	1.4271	0.696
950	0.3716	1.1321	4.023	108.2	0.06525	1.5510	0.699
1000	0.3524	1.1417	4.152	117.8	0.06752	1.6779	0.702

Notes : T = temperature , ρ = density , C_p = specific heat capacity , μ = viscosity , $\nu = \mu/\rho$ = kinetic viscosity , k = thermal conductivity , $\alpha = C_p\rho/k$ = heat (thermal) diffusivity , Pr = Prandtl number

Sumber : A5.1. Physical properties of air

Untuk mencari nilai tabel diatas menggunakan rumus interpolasi sebagai berikut.



Gambar 2.6 Interpolasi

$$y = y_1 + \left[\frac{(x - x_1)}{(x_2 - x_1)} \right] (y_2 - y_1) \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

x_1 = suhu pada titik X_1

x_2 = suhu pada titik X_2

x = suhu yang ditentukan

y_1 = sifat-sifat fisik udara pada titik X_1

y_2 = sifat- sifat fisik udara pada titik X_2

y = sifat sifat udara yang dicari

2.6.2. Perpindahan Panas Konveksi

A. Konveksi Paksa

Yaitu perpindahan aliran panas yang dipaksa dialirkan ke tempat yang dituju dengan bantuan alat tertentu misalnya kipas atau blower. Dimana konveksi paksa dapat dicari dengan rumus :

$$Q/t = h \cdot A \cdot \Delta T \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

Q = jumlah kalor yang dipindahkan (J/s)

t = waktu yang dibutuhkan (s)

h = koefisien konveksi ($W/m^2.C$)

A = luas permukaan (m^2)

ΔT = beda suhu ($^{\circ}C$)

Dimana Koefisien konveksii didapat dari tabel dibawah ini :

Tabel 2.3 Koefisien Konveksi rata-rata

<i>Material</i>	<i>Average Linear Convection Coefficient</i> $(\alpha) (^{\circ}\text{C})^{-1}$	<i>Material</i>	<i>Average Volume Convection Coefficient</i> $(\beta) (^{\circ}\text{C})^{-1}$
Alumunium	24×10^{-6}	Alcohol, ethyl	1.12×10^{-4}
Brass and Bronze	19×10^{-6}	Benzene	1.24×10^{-4}
Copper	17×10^{-6}	Acetone	1.5×10^{-4}
Glass (ordinary)	9×10^{-6}	Glycerin	4.85×10^{-4}
Glass (Pyrex)	3.2×10^{-6}	Mercury	1.82×10^{-4}
Lead	29×10^{-6}	Turpentine	9.0×10^{-4}
Steel	11×10^{-6}	Gasoline	9.6×10^{-4}
Invar (Ni-Fe Alloy)	0.9×10^{-6}	Air ^a at 0°C	3.67×10^{-3}
Concrete	12×10^{-6}	Helium ^a	3.665×10^{-3}
<i>Note : Gas tidak memiliki nilai tertentu untuk koefisien konveksi volume karena jumlah nilai konveksi tergantung pada jenis proses dimana gas diambil. Nilai-nilai yang diberikan diasumsikan gas mengalami konveksi pada tekanan konstan.</i>			

B. Konveksi Bebas

Konveksi bebas dapat terjadi karena adanya arus yang mengalir akibat gaya apung, sedangkan gaya apung terjadi akibat adanya perbedaan densitas tanpa dipengaruhi gaya dari luar sistem. Untuk mencari konveksi bebas bisa di cari menggunakan 3 bilangan, yakni bilangan Garshof, Reynold, dan Nusslet.

a. Bilangan Garshof

$$\text{Gr} = [(\beta \cdot g \cdot d^3) / \nu^2] \cdot \Delta t \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

- Gr = Biangan Garshof
- β = koefisien pemuaiian ($1/^{\circ}\text{C}$)
- g = gravitasi (m/s^2)
- d = diameter pipa (m)

ν = viskositas kinematik (m^2/s)

Δt = perbedaan temperatur ($^{\circ}\text{C}$)

b. Bilangan Reynold

$$\text{Re} = (V \cdot \rho \cdot d) / \mu \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

Re = Bilangan Reynold

V = kecepatan aliran (m/s)

ρ = massa jenis (kg/s)

d = diameter (m)

μ = viskositas (kg/m.s)

c. Bilangan Nusselt

$$\text{Nu} = (h \cdot d) / k \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

Nu = bilangan nusselt

h = koefisien perpindahan kalor ($\text{W/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$)

d = diameter (m)

k = konduktivitas termal ($\text{J/m.s.}^{\circ}\text{C}$)

Sehingga dari ketiga bilangan tersebut menjadi sebuah persamaan.

$$\text{Nu} = C(\text{Gr.Pr})^n \dots\dots\dots(2.7)$$

Dan untuk mencari nilai Ra (bilangan rayleigh) serta mencari konstanta C dan n dapat di cari dari tabel dan rumus di bawah ini.

$$\text{Ra} = \text{Gr.Pr} \dots\dots\dots(2.8)$$

Tabel 2.4 Konstanta C dan n

Ra	C	n
$10^{-10} - 10^{-2}$	0.675	0.058
$10^{-2} - 10^2$	1.02	0.148
$10^4 - 10^7$	0.850	0.188
$10^7 - 10^{12}$	0.480	0.250
	0.125	0.333

2.6.3. Perpindahan Panas Konduksi

Yaitu perpindahan kalor yang terjadi pada medium padat. Dalam perpindahan ini yang berpindah hanyalah kalor dan mediumnya tidak ikut berpindah. Peristiwa perpindahan kalor melalui suatu zat tanpa disertai dengan perpindahan partikel-partikelnya disebut konduksi. Perpindahan kalor dengan cara konduksi disebabkan karena partikel-partikel penyusun ujung zat yang bersentuhan dengan sumber kalor bergetar. Makin besar getarannya, maka energi kinetiknya juga makin besar. Energi kinetik yang besar menyebabkan partikel tersebut menyentuh partikel didekatnya, demikian seterusnya. Jumlah kalor tiap detik di rumuskan :

$$H = Q/t = (k \cdot A \cdot \Delta T) / L \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana mencari besar Q

$$Q = k \cdot A \cdot t \Delta T / L \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana :

- H = Jumlah kalor yang merambat tiap detik (J/s)
- k = Koefisien konduksi termal (J/msC)
- A = luas penampang (m)
- L = Panjang drum (m)
- ΔT = perbedaan suhu antara kedua ujung batang (C)
- t = waktu (s)
- Q = jumlah kalor yang di pindah (J)

2.6.4. Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan panas Radiasi yaitu suatu pancaran energi melalui suatu materi atau ruang dalam bentuk panas partikel atau gelombang dari sumber radiasi. Ada beberapa sumber radiasi yaitu: televisi, lampu penerangan, alat pemanas, computer dan lain-lain. Selain benda-benda tersebut ada sumber-

sumber radiasi yang bersifat unsur alamiah dan berada di udara, di dalam air ,
di dalam lapisan bumi.

Radiasi dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P = e \cdot \sigma \cdot A T^4 \dots \dots \dots (2.11)$$

Dimana :

P = daya radiasi (W = J/s)

e = emisivitas permukaan ($0 \leq e \leq 1$)

σ = konstanta umum stefan-boltzmann ($5,672 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$)

T = suhu (K)

A = luas permukaan (m²)

