

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ALAT PENGERING SALE PISANG DENGAN KAPASITAS 3 KG/ JAM OPERASI



Disusun Oleh :

NAMA : DWI HERIMINTO

NIM : 01. 51. 051

**JURUSAN TEKNIK MESIN D - III
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2005**

MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN MALANG

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ALAT PEMERIKSA SALE PIRANG
DENGAN KAPASITAS 3 KG/ JAM OPERASI

Ditulis Oleh :

NAMA : DHI BERHINTO

NIK : 01.01.021

JURUSAN TEKNIK MESIN D - 11

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

2005

LEMBAR PERSETUJUAN

PERENCANAAN ALAT PENERING SALE PISANG DENGAN KAPASITAS 3 Kg / JAM OPERASI

TUGAS AKHIR

Untuk memenuhi persyaratan
Mencapai gelar Diploma III TEKNIK

Disusun Oleh :

Nama : Dwi Heriminto
NIM : 01.51.051

Diterima dan disetujui

Mengetahui

Kajur Teknik Mesin D-III

(Ir. Teguh Rahardjo. MT)

Dosen Pembimbing



(Ir. Mochtar Asroni, Ms.ME)

21.
02.05



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PERSERO) MALANG
NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341).551431 (Hunting) Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

nomor : ITN-1293/I.TA/8/'04
ampiran : -----
rihal : *Bimbingan Tugas Akhir Program Khusus.*

Malang 30 Desember 2004

kepada : Yth. Sdr/i. Ir. Mochtar Asroni, MSME
Dosen Institut Teknologi Nasional
Di
Malang.

Dengan hormat.

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan **Tugas Akhir** untuk mahasiswa:

Nama : Dwi Heriminto
NIM : 01 51 051
Semester : VII (Tujuh)
Jurusan : Teknik Mesin Diploma Tiga (D. III)
Fakultas : Teknologi Industri

Maka dengan ini pembimbingan Tugas Akhir tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada saudara/i selama 1 (Satu) bulan, terhitung mulai tanggal, 30 Desember 2004 s/d 30 Januari 2005

Adapun tugas tersebut untuk memenuhi persyaratan di dalam menempuh Ujian Tugas Akhir Diploma Tiga.

Demikian agar maklum, dan atas perhatian serta bantuannya kami ucapkan banyak terima kasih.

Jurusan Teknik Mesin Diploma Tiga (D. III)
Ketua

Ir. TEGUH RAHARDJO, MT

NIP.: 131 991 184



busan kepada Yth.:

l. Mahasiswa yang bersangkutan.

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
JL.BEND. SIGURA-GURA No.2
MALANG



Nama : Dwi Heriminto
Nim : 01.51.051
Jurusan : Teknik Mesin D-III
Dosen Pembimbing : Ir. Mochtar Asroni, MS.ME

LEMBAR ASISTENSI

**PERENCANAAN ALAT PENERING SALE PISANG
DENGAN KAPASITAS 3 KG/JAM OPERASI**

NO.	Tanggal	Catatan/Keterangan	Paraf
		Dalam pembahasan bab <u>IV</u> agar dijambar sistemnya saat menglitung perindahan kemungkinan	
		eee dijambar	
		eee	



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PERSEKUTUAN MALANG
& NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

KARTU BIMBINGAN TUGAS AKHIR
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama Mahasiswa : Dwi Heriminto
NIM : 01. 51. 051
Jurusan : Teknologi Industri
Program Studi : Teknik Mesin D - III
Judul Tugas Akhir : PERENCANAAN ALAT PENERING SALE
PISANG DENGAN KAPASITAS 3 KG/JAM
OPERASI
Pengajuan Tugas Akhir : 30 Desember 2004
Tanggal Menyelesaikan TA : 30 Januari 2005
Dosen Pembimbing : Ir. Mochtar Asroni, MS. ME.
Keterangan Nilai Bimbingan : 80,05

Malang,

Mengetahui :
Dekan Fakultas Teknologi Industri
Dan
Dosen Pembimbing

(Ir. Mochtar Asroni, MS. ME.)
NIP : 101 8100 036



YAYASAN PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

(PERSERO) MALANG
K NIAGA MALANG

KAMPUS : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431(Hunting) Fax. (0341) 553015 Malang 65145

BERITA ACARA UJIAN TUGAS AKHIR
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : Dwi Heriminto
NIM : 01. 51. 051
Jurusan : Teknik Mesin D – III
Judul TA : **Perencanaan Alat Pengering Sale Pisang Dengan Kapasitas
3 Kg/jam Operasi**

Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Ujian Tugas Akhir Jenjang Program

Diploma Tiga (D – III) pada :

Hari/ Tanggal : Sabtu/ 05 Maret 4005

Nilai Hasil Ujian : 68,50

PANITIA UJIAN TUGAS AKHIR

Ketua

(Ir. Mochtar Asroni, MS. ME.)

NIP : 101 8100 036

Sekretaris

((Ir. Drs. Moch. Trisno, MT))

NIP . 130 936 653

ANGGOTA

Majelis Penguji I

(Ir. Lalu Mustiadji, MT.)

NIP : 101 8500 103

Majelis Penguji II

(Ir. Suryanto, MT)

NIP : 102 850 104

MATUR NUWUN SANGET DATENG

1. Allah SWT yang telah memberikanku kesehatan, keselamatan, dan anugerah yang tidak ternilai harganya.
2. Bapak dan Mamak di KEDIRI yang tanpa lelah memberiku dukungan jasmani dan rohani dari kecil hingga nanti.
3. Keluarga dan Saudaraku Mas Eko, Mbak Cilis, Adikku Hendrik dan Keponakanku Reno Bagas Aditya serta Mbok Inem, Pakde, Bude, Paklek, Bulik matur nuwun dongane
4. *Special thanks to my love "Yunita Laksmi Dewi"* yang slalu setia menemani disaat kumelewati semua pahagia dan aral rintangan slama ini. makasih...atas kesabarannya
5. Konco-koncoku lawas dan sehati Danny, Dilla, Mbah eko kalian inspiratorku slama ini dan motor dalam kumelangkah
6. Arek-arek Monstera 6 matur nuwun sanget atas pitulungane : Bogel (maju perut pantat kendur), Gondronk (ingat!!, kejahatan bukan saja ada niat dari palakunya), Sukrim, Emen, Bintang, Patkay, Pentoei, Adi, Wawan, Nyambek, Didit serta rekan kerjaku Boim " SUWUN YO"
7. semua pihak yang tak mampu penulis sebutkan satu persatu sampai terseleseinya penulisan tugas akhir ini

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum, Wr. Wb.

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat ALLAH SWT. Atas limpahan rahmat dan hidayahnya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang merupakan salah satu mata kuliah yang wajib di selesaikan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya (AMD) oleh setiap mahasiswa fakultas teknik jurusan Mesin D-III Institut Teknologi Nasional Malang. Adapun judul dari tugas akhir ini adalah :

PERENCANAAN ALAT PENERING SALE PISANG DENGAN KAPASITAS 3 Kg / JAM OPERASI

Dalam penyusunannya, penulis melakukan pengamatan lapangan di samping menggunakan literatur pendukung yang berkaitan dengan tema bahasa pada tugas akhir ini. Penyusun menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih memiliki beberapa kekurangan sehingga saran dan kritik yang memberikan masukan sangatlah di butuhkan oleh penyusun.

Dalam kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE. Selaku Rektor Institut Teknologi nasional Malang.
2. Bapak Ir. Mochtar Asroni, MS. ME. Selaku Dekan Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Ir. Teguh Raharjo, MT. Selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin D-III Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Bapak Mochtar Asroni, MS. ME. Selaku Dosen Pembimbing.
5. Ayah handa dan Ibunda tercinta yang telah membesarkan, mendidik dan mendo'akan penulis dari kecil hingga kini sampai nanti.
6. Kakakku dan adikku serta seluruh keluargaku yang telah memberikan dorongan dan kasih sayang.
7. Semua rekan – rekan senasib seperjuangan dalam menempuh studi, terutama angkatan 2001.

Semua pihak manusia adalah tidak terlepas dari kesalahan dan ketiksempurnaan, karena sifat sempurna itu hanya di miliki DIA semata. Untuk itu, penulis harapkan kritik dan saran dari pembaca sekalian demi perubahan dan perbaikiakan bagi penulis sendiri dan pembaca sekalian.

Wassalamu'alaikum WR. WB.

Penulis

Dwi Heriminto

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	
LEMBAR PENGESAHAN	
LEMBAR PERSEMBAHAN	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR	iv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar belakang	1
1.2 . Rumusan Masalah	3
1.3. Batasaa Masalah	3
1.4. Tujuan penulisan	3
1.5. Metode penulisan.....	4
BAB II DASAR TEORI	5
2.1. Teori perpindahan panas	5
2.1.1. Kalor	6
2.1.2. Kalor jenis	6
2.1.3 Kalor penguapan.....	7
2.1.4 Modus perpindahan panas	7
2.1.4.1 Perpindahan panas konduksi	7
2.1.4.2 Perpindahan kalor.....	10
2.1.4.3 Perpindahan panas radiasi	11

2.1.5 Tahanan Thermal.....	13
2.1.5.1. Tahanan Thermal pada dinding datar disusun seri..	14
2.1.5.2. Tahanan thermal yang disusun pararel.....	15
2.1.5.3. Tahanan thermal pada dinding radial (Tabung)	16
2.1.6 Koefisien perpindahan kalor menyeluruh	17
2.2 Pengeringan.....	19
2.2.1 Metode pengeringan.....	21
2.2.2 Pembagian tahap-tahap pengeringan.....	22
2.2.2.1. Periode pemanasan	23
2.2.2.2. Periode laju pengeringan konstan.....	23
2.2.2.3. Periode laju pengeringan menurun.....	24
2.3 Beban pemanas	25
2.3.1 Beban pemanas karena prodak	25
2.3.2 Beban pemanas karena fluida dan benda didalam pemanas.	27
2.3.3 Beban pemanas karena akibat perpindahan panas melalui dinding.....	28
2.4 Sumber kalor	32
2.4.1 Perpindahan panas pada sumber kalor	32
2.4.1.1 Konveksi.....	33
2.4.1.2 Konduksi	33
BAB III MODEL PERALATAN YANG DIRANCANG	35
3.1. Perencanaan Alat Pengering.....	35
3.2. Konstruksi Alat pengering.....	35

3.3. Cara kerja alat pengering.....	36
3.4. Kelebihan dan kekurangan	38
3.4.1. Kelebihan dari perencanaan alat pengering.....	38
3.4.2. Kekurangan dari perencanaan alat pengering	38
BAB IV PERENCANAAN DAN PERHITUNGAN	39
4.1. Perhitungan beban pemanas	39
4.1.1 Beban pemanas karena produk.....	39
4.1.2 Beban pemanas karena kerugian kalor melalui dinding.....	40
4.1.2.1 Perpindahan kalor pada dinding atas dan bawah.....	40
4.1.2.2 Perpindahan kalor pada dinding depan	41
4.1.2.3 Perpindahan kalor pada dinding belakang.....	42
4.1.2.4 Perpindahan kalor pada dinding samping kiri.....	43
4.1.2.5 Perpindahan kalor pada dinding samping kanan.....	43
4.1.3 Beban pemanas karena infiltrasi	44
4.2. Perhitungan. Perpindahan kalor pada sumber kalor	46
BAB V PENUTUP	48
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran	49

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perpindahan panas konduksi	8
Gambar 2.2 Perpindahan panas konduksi pada silinder.....	9
Gambar 2.3 Perpindahan panas konveksi.....	10
Gambar 2.4 Perpindahan panas radiasi	12
Gambar 2.5 Tahanan Thermal	14
Gambar 2.6 Perpindahan kalor satu dimensi pada dinding komposit disusun seri dan analogi listrik	14
Gambar 2.7 Perpindahan kalor satu dimensi pada dinding datar yang disusun pararel dan analogi listriknya	15
Gambar 2.8 Perpindahan thermal pada dinding radial (Tabung).....	16
Gambar 2.9 Perpindahan kalor menyeluruh pada dinding datar dan analogi listrik	18
Gambar 2.10 Diagram periode laju pengeringan	22
Gambar 2.11 Susunan lapisan dinding ruang pemanas	29
Gambar 2.12 Perpindahan panas konveksi.....	33
Gambar 2.13 Perpindahan panas konduksi pada sumber kalor.....	34
Gambar 3.1 Konstruksi alat pengering.....	35
Gambar 2.2. Skematik cara kerja alat pengering.....	37

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai salah satu Negara yang berada di kawasan tropis memiliki potensi alam yang tinggi, berbagai jenis bahan tambang terkandung didalamnya dan berbagai jenis tanaman dapat tumbuh subur diatasnya. Jadi sangat beralasan jika sebagian besar penduduk Indonesia bermata pencaharian sebagai petani. Salah satu tanaman yang dapat tumbuh subur serta hasil yang melimpah tersebut adalah tanaman pisang.

Telah diketahui bahwa buah pisang selain dapat disantap langsung setelah masak di pohon atau diperam, juga dapat digunakan sebagai bahan baku dari berbagai jenis makanan olahan, diantaranya adalah sale pisang. Tujuan pembuatan sale pisang ini selain untuk mendapatkan suatu citarasa yang khas adalah untuk meningkatkan daya tahan pisang tersebut agar tidak mudah membusuk yang akhirnya akan terbuang. Pisang yang sudah masak di pohon atau diperam dalam keadaan tanpa pengawet, dalam waktu kurang dari satu minggu akan membusuk, dan jika dibuat menjadi makanan jenis sale maka akan dapat bertahan hingga mencapai satu bulan.

Saat ini untuk membuat buah pisang menjadi makanan jenis sale ini masih dilakukan dengan cara tradisional yaitu dikeringkan dengan dijemur pada panas matahari, dimana cara ini banyak memiliki kelemahan, antara lain:

1. Aktivitas pembuatan sangat tergantung pada matahari.
2. Pada saat penjemuran ada kemungkinan pisang akan terkontaminasi oleh kotoran yang dibawa oleh udara bebas.
3. Target produktivitas tidak dapat dipastikan.
4. Memerlukan jumlah tenaga yang banyak.
5. Memakan waktu yang lama.

Dari kelemahan-kelemahan yang ada tersebut maka penulis berupaya membantu memberikan solusi sehingga kendala-kendala tersebut dapat diminimalkan yaitu dengan perancangan serta pembuatan *alat pengering pisang dengan bahan bakar minyak tanah*.

Dengan adanya alat ini diharapkan pembuatan sale akan lebih mudah dan aktivitas pembuatan dapat berjalan terus tanpa tergantung lagi pada musim. Di samping itu harga bahan bakar minyak tanah relatif murah dan mudah untuk didapatkan. Pada alat pengering ini minyak tanah dinilai lebih murah dengan nilai kalor yang tinggi dibanding dengan bahan bakar energi listrik, sehingga biaya operasional akan lebih murah dan bahan bakar jenis ini juga tidak memakan banyak tempat. Selain kemudahan, mutu, dan kestabilan produksi, dengan alat ini diharapkan hasil produksi akan meningkat sehingga pembuatan sale pisang ini dapat dikembangkan sebagai industri rumah tangga, dimana orientasinya akan dapat meningkatkan pendapatan masyarakat. Dengan meningkatnya mutu serta hasil maka diharapkan produk sale pisang ini akan dapat dikembangkan sebagai suatu komoditi ekspor.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah perencanaan serta pembuatan alat pengering sale pisang berbahan bakar minyak tanah dengan kapasitas 15 Kg/ 5 jam, yang meliputi:

1. Perancangan dan pembuatan konstruksi serta bagian-bagian dari alat pengering sale pisang.
2. Metode kerja alat serta proses pengering pisang.

1.3 Batasan Masalah

Mengingat banyaknya masalah yang ada pada perencanaan alat pengering sale pisang ini, maka agar pembahasan dapat terarah dengan baik perlu adanya batasan masalah. Pada perencanaan alat pengering sale pisang ini permasalahan yang dibahas dibatasi pada:

1. Proses pengeringan.
2. Beban pemanas.
3. Perencanaan sumber kalor.

1.4 Tujuan Penulisan

Adapun tujuan dari penyusunan tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui jumlah kalor yang diperlukan untuk mengeringkan pisang 15 kg/5 jam.
2. Mengetahui konsumsi bahan bakar untuk melakukan satu kali pengeringan.
3. Membuat alat pengering sale pisang yang aman, simple, produktif dan efisien.

4. Membantu mengatasi masalah yang ada dalam masyarakat khususnya dalam hal pemrosesan bahan mentah menjadi bahan olahan.

1.5 Metode Penulisan

Penulisan tugas akhir ini didasarkan pada literature, masukan dari pembimbing dan rekan kelompok, serta pengalaman penulis selama merencana serta membuat mesin tersebut. Adapun sistematika penulisannya adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan dan metode penulisan.

BAB II DASAR TEORI

Pada bab ini berisi uraian teori-teori yang melandasi perencanaan rumus-rumus yang diperlukan, pembahasan sumber kalor, proses pengeringan serta pembahasan bahan bakar.

BAB III PERENCANAAN DAN PERHITUNGAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai dimensi alat dan cara kerja alat, perhitungan beban pemanas dan kalor yang diperlukan untuk proses pengeringan, perhitungan panas pada sumber kalor, serta konsumsi bahan bakar.

BAB IV PENUTUP

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan perencanaan dan saran dari penulis.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Teori Perpindahan Panas

Hukum thermodynamika I menyatakan bahwa energi itu lestari artinya energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, tetapi hanya dapat diubah dari satu bentuk energi ke dalam bentuk energi yang lain. Gagasan dari hukum thermodynamika inilah yang mendasari proses perpindahan panas dan perubahan energi yang terjadi pada alat pengering sale pisang hingga mencapai pembuatan alatnya.

Perpindahan panas adalah salah satu proses dinamis dimana panas akan mengalir spontan dari suatu bagian ke bagian yang lain yang bertemperatur lebih rendah. Kecepatan atau laju dari aliran panas tersebut sangat dipengaruhi oleh perbedaan temperatur dari kedua bagian tersebut, semakin besar perbedaannya maka akan semakin cepat aliran yang terjadi. Panas yang mengalir dari suatu bagian ke bagian yang lain tersebut umumnya melintasi (menembus) perantara dimana perantara ini akan memberikan penahanan terhadap aliran panas tersebut. Perbedaan suhu dan penahanan aliran panas adalah dua faktor yang akan menentukan laju laju perpindahan panas. Perbedaan temperature, penahanan bahan dan laju perpindahan kalor dapat dikorelasikan sebagai berikut:

$$\text{Kec. Perpindahan Panas} = \frac{\text{Perbedaan Temperatur}}{\text{Penahanan}}$$

2.1.1 Kalor

Kalor atau panas adalah suatu bentuk energi yang sedang berpindah sebagai kerja yang berlangsung pada skala mikroskopik. Energi adalah suatu yang terkandung dalam zat yang dipindahkan dalam bentuk panas atau kerja. Perpindahan energi sebagai panas besarnya dinyatakan dengan symbol Q.

2.1.2 Kalor Jenis

Kalor jenis merupakan salah satu sifat fisik suatu zat atau bahan, yang didefinisikan sebagai perbandingan kuantitas panas terhadap hasil kali massa m dan perubahan suhu dt, yang dirumuskan:

$$c = \frac{\text{Kuantitas Panas}}{\text{massa} \cdot \text{Beda Suhu}}$$

$$c = \frac{dQ}{m \cdot dt}$$

$$Q = m \int_{t_1}^{t_2} c \cdot dt$$

$$= m \cdot c \cdot (t_2 - t_1)$$

$$= m \cdot c \cdot dt$$

Dimana :

Q = kuantitas kalor (kal)

m = massa (gram)

c = kalor jenis (kal/gram⁰C)

dt = perbedaan suhu (⁰C)

2.1.3 Kalor Penguapan

Untuk mengubah bentuk dari fase cair menjadi gas akan diperlukan sejumlah kalor persatuan massa, dimana proses tersebut dilakukan pada temperature dan tekanan konstan. Jumlah kalor yang diperlukan tersebut disebut dengan *kalor penguapan*. Kalor yang diserap untuk melangsungkan proses tersebut dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut:

$$Q = m.L$$

Dimana :

Q = kalor yang dibutuhkan (kal)

m = massa (kg)

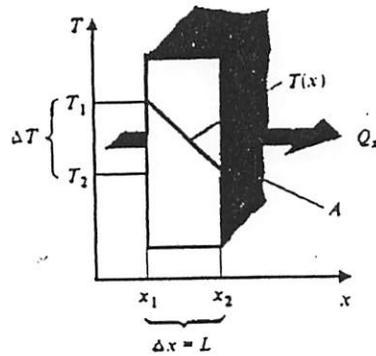
L = kalor latent penguapan (kal/kg)

2.1.4 Modus Perpindahan Panas

Proses perpindahan panas dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu konduksi, konveksi, radiasi. Dalam prakteknya proses tersebut tidak berlangsung sendiri-sendiri tetapi merupakan gabungan dari kedua atau bahkan ketiga cara tersebut.

2.1.4.1 Perpindahan panas konduksi

Konduksi adalah proses mengalirnya panas dari daerah bertemperatur lebih tinggi menuju ke daerah bertemperatur lebih rendah didalam satu medium padat, cair atau gas, atau medium-medium lain yang berlainan dimana bersinggungan secara langsung.



Gambar 2.1 Perpindahan Panas Konduksi
(Sumber: M. Necaty Ozisik, Yildiz Bayazitoglu, Elemen of Heat Transfer, Halaman 3)

Perpindahan panas secara konduksi dapat dihitung sebagaimana dinyatakan pada *Hukum Fourier* yang dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$Q_k = -k \cdot A \cdot \left(\frac{dT}{dx} \right)$$

Dimana :

Q_k = Laju perpindahan panas konduksi (Watt)

$-k$ = Konduktivitas thermal bahan (Watt/m.⁰C)

A = Luas penampang (m²)

$\frac{dT}{dx}$ = Gradien suhu (⁰C)

Tanda minus menunjukkan konsentrasi dari kenyataan bahwa panas dalam arah penurunan temperature, sehingga persamaan tersebut di atas dapat ditulis:

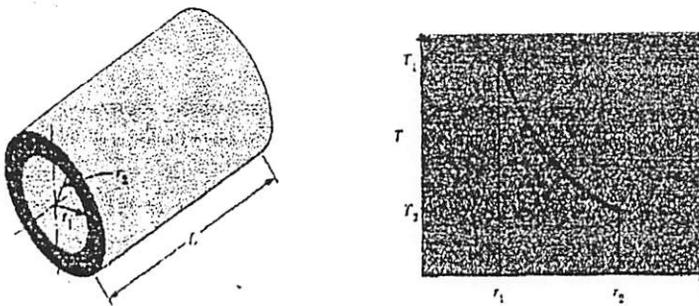
$$Q_k = k \cdot A \cdot \left(\frac{T_1 - T_2}{L} \right)$$

Dimana :

T_1 = temperatur pada x_1

T_2 = temperature pada x_2

Struktur molekul bahan akan berpengaruh pada daya hantar thermal dan laju perpindahan kalor. Bahan dengan susunan molekul yang rapat dan rapi dimana susunan ini dimiliki oleh bahan logam akan lebih cepat menghantarkan panas dibanding bahan dengan susunan molekul yang tidak beraturan yang umumnya dimiliki oleh bahan bukan logam.



Gambar 2.2 Perpindahan Panas Konduksi pada Silinder
(Sumber: William C. Reynolds, Henry C. Perkins, Termodinamika Teknik, hal.493)

Untuk benda yang berbentuk tabung yang cukup panjang sehingga pengaruh pada ujungnya dapat diabaikan dan bahannya homogen serta temperatur dalamnya konstan dan temperature luarnya seragam, maka perpindahan kalor konduksi dalam arah radial dapat dihitung sebagai berikut:

$$Q_k = -k.A. \frac{dT}{dx}$$

Atau

$$Q_k = k.2.\pi.l \frac{(T_1 - T_2)}{\ln \frac{r_2}{r_1}}$$

Dimana :

r_1 = jari-jari dalam (m)

r_2 = jari-jari luar (m)

T_1 = Temperatur dalam ($^{\circ}\text{C}$)

T_2 = temperature luar ($^{\circ}\text{C}$)

k = konduktivitas thermal ($\text{W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$)

2.1.4.2 Perpindahan kalor konveksi

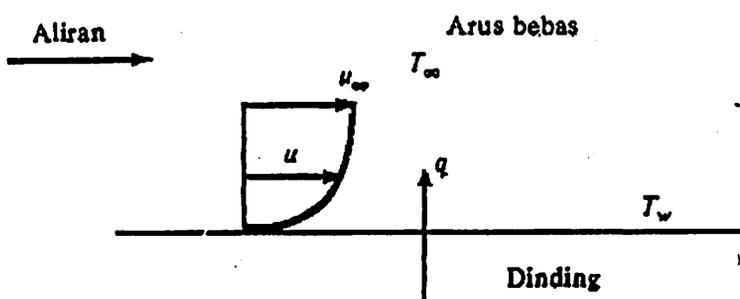
Konveksi adalah proses perpindahan panas pada fluida (gas atau cair) yang disertai dengan perpindahan massa fluida, oleh karena itu proses ini dipengaruhi oleh sifat-sifat thermal zat tersebut, misalnya: densitas, viskositas, kalor jenis, velocity dan sebagainya. Perpindahan panas konveksi ini diklasifikasikan dalam dua mekanisme yaitu:

a. *Konveksi alamiah (natural convection)*

Adalah jika aliran fluida timbul karena daya apung fluida yang disebabkan oleh pemanasan.

b. *Konveksi paksa (forced convection)*

Adalah jika proses aliran fluida tersebut diinduksikan oleh sebuah pompa atau dengan circulating system yang lain.



Gambar 2.3 Perpindahan Panas Konveksi
(Sumber: J.P. Holman, Perpindahan Kalor, Erlangga, Jakarta, Hal.11)

Keterangan gambar:

U = kecepatan aliran

t_{∞} = temperatur aliran

q = kalor yang ditransfer

t_w = temperature plat.

Seperti terlihat pada gambar 2.3 di atas bahwa proses perpindahan panas konveksi ini kecepatan aliran (*velocity*) lebih tinggi pada daerah yang jauh dari plat. Sebaliknya yang terjadi pada temperatur aliran adalah semakin dekat daerah tersebut dengan permukaan plat maka akan semakin tinggi temperaturnya.

Perubahan temperatur yang terjadi pada permukaan benda dan aliran fluida akan menimbulkan suatu daerah dengan temperature yang bervariasi antara t_s pada permukaan dan t_o pada aliran paling luar yang disebut dengan daerah batas thermal. Laju perpindahan panas konveksi dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$Q_c = h_c \cdot A(t_s - t_o)$$

Dimana :

Q_c = laju perpindahan panas konveksi (Watt)

h_c = koefisien perpindahan panas konveksi ($W/M^2 \cdot ^\circ C$)

A = luas bidang pemanasan (m^2)

T_s = temperatur permukaan ($^\circ C$)

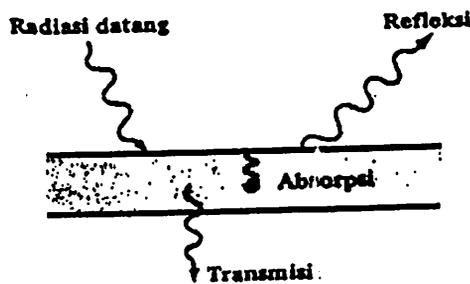
T_o = temperatur fluida ($^\circ C$)

2.1.4.3 Perpindahan panas radiasi

Radiasi adalah proses aliran panas dari benda yang bertemperatur lebih tinggi menuju ke benda yang bertemperatur lebih rendah, dimana benda itu

terpisah oleh ruang. Istilah radiasi pada umumnya digunakan untuk segala jenis yang berkaitan dengan gelombang elektromagnetik tetapi didalam ilmu perpindahan kalor yang perlu diperhatikan hanyalah apa yang diakibatkan dan apa yang menyangkut energi melalui medium yang tembus cahaya atau melalui ruang.

Perpindahan panas secara radiasi diumpamakan selubung hitam (*surroundings*) yang memancarkan kalor terhadap permukaan benda (*surface*) dimana kalor tersebut akan dipantulkan kembali secara radiasi maupun konveksi dan selebihnya akan terserap oleh benda tersebut.



Gambar 2.4 Perpindahan panas radiasi

(Sumber: J.P. Holman, Perpindahan Kalor, erlangga, Jakarta, 1991, hal.343)

Jumlah energi yang meninggalkan suatu permukaan sebagai energi panas radiasi tergantung pada suhu mutlak dan sifat permukaannya. Untuk radiasi sempurna pada benda hitam (*black body*) memancarkan radiasi lebih besar, hal tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_r = \sigma \cdot A \cdot t_s^4$$

Dimana :

Q_r = laju perpindahan panas radiasi (Watt)

σ = Konstanta stefan boltzman ($5,67 \cdot 10^{-8}$) ($W/m^2 \cdot ^\circ C^4$)

A = Luas Penampang (m^2)

t_s = temperature permukaan ($^{\circ}C$)

Untuk benda-benda nyata (*real body*) memancarkan radiasi yang lebih rendah dan dapat dikorelasikan dengan rumus:

$$Q_r = \sigma \cdot \epsilon \cdot A \cdot t_s^4$$

Dimana :

ϵ = Emisivitas permukaan yang kasar antara nol dan satu (satu adalah untuk benda hitam)

2.1.5 Tahanan Thermal

Laju perpindahan kalor merupakan proses aliran dimana suatu aliran pada umumnya akan menerima penahanan. penahanan yang terjadi pada proses perpindahan kalor dinamakan tahanan thermal (*thermal resistance*). Tahanan thermal merupakan hasil gabungan dari 3 komponen tambahan yang dilalui kalor yaitu : konduktivitas thermal, tebal bahan dan luasnya, dengan hubungan sebagai berikut:

$$R = \frac{\Delta x}{k \cdot A}$$

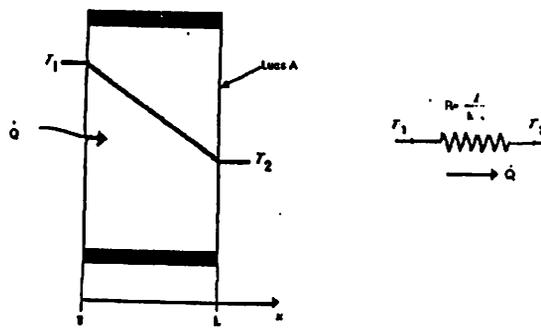
dimana: R = tahan therma ($^{\circ}C/w$)

k = konduktivitas thermal bahan ($w/m \cdot ^{\circ}C$)

A = Luas penampang (m^2)

Δx = Tabal bahan yang dilalui (m)

Jika bahan yang dilalui jamak dan majemuk maka tahanan thermalnya merupakan hasil penjumlahan dari bahan-bahan penyusun tersebut.

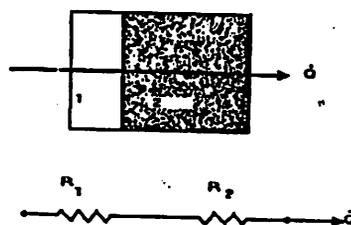


Gambar 2.5 Tahanan Thermal

(Sumber : William C Reynolds, Henry C. Perkins, Termodinamika Teknik, Erlangga, Jakarta, Hal 489)

Perpindahan kalor yang dirumuskan pada hukum *Fourier* pada dasarnya analogi terhadap perpindahan elektron yang dirumuskan hukum *ohm*. Karena panas merupakan analogi listrik maka dalam menghitung jumlah tahanan thermal pada dinding penghantar baik yang disusun seri maupun paralel dapat dilakukan dengan aturan seperti pada penghitungan tahanan listrik.

2.1.5.1 Tahanan thermal pada dinding datar disusun seri



Gambar 2.6 Perpindahan kalor satu dimensi pada dinding komposit disusun seri dari analogi listrik

(Sumber: William C. Reynolds., Henry C. Perkins Termodinamika Teknik, Erlangga, Jakarta, Hal 491)

Jika dinding komposit yang disusun seri dengan gradien suhu seperti pada gambar 2.6, maka tahanan thermalnya adalah :

$$\Sigma R = R_1 + R_2$$

$$= \frac{\Delta x_1}{k_1 \cdot A_1} + \frac{\Delta x_2}{k_2 \cdot A_2}$$

Sehingga laju perpindahan kalornya dapat ditulis :

$$Q = \frac{t_1 - t_2}{\left(\frac{\Delta x_1}{k_1 \cdot A_1} + \frac{\Delta x_2}{k_2 \cdot A_2} \right)}$$

dimana : Q = Laju perpindahan kalor (Watt)

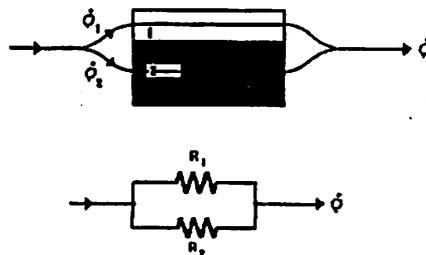
t_1 = Temperatur dinding sisi kiri (panas) ($^{\circ}\text{C}$)

t_2 = Temperatur dinding sisi kanan (dingin) ($^{\circ}\text{C}$)

k = Konduktivitas thermal ($\text{W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$)

R = Tahan thermal bahan ($^{\circ}\text{C/m}$)

2.1.5.2 Tahanan thermal pada dinding datar yang disusun paralel



Gambar 2.7 Perpindahan kalor satu dimensi pada dinding datar yang disusun paralel dan analogi listriknya

(Sumber : William C. Reynolds. Henry C. Perkins, Thermadinamika Teknik, Erlangga, Jakarta, Hal 491)

Jika dinding komposit yang disusun seri pada paralel seperti tampak pada gambar 2.7, maka tahanan thermalnya dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Sigma R &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \\ &= \frac{k_1 \cdot A_1}{\Delta x_1} = \frac{k_2 \cdot A_2}{\Delta x_2}\end{aligned}$$

dimana : Q = Laju perpindahan kalor (Watt)

t_1 = Temperatur dinding sisi kiri (panas) ($^{\circ}\text{C}$)

t_2 = Temperatur dinding sisi kanan (dingin) ($^{\circ}\text{C}$)

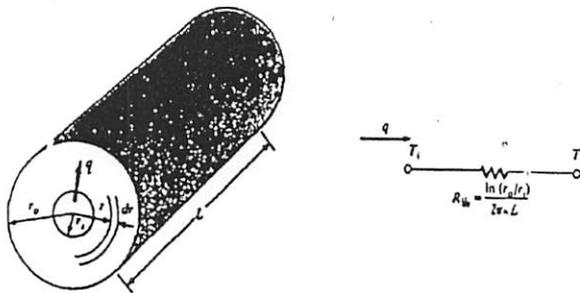
k = Konduktivitas thermal bahan ($\text{W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$)

R = Tahanan thermal bahan ($^{\circ}\text{C/m}$)

Sehingga laju perpindahan kalor dapat ditulis sebagai berikut :

$$Q = \frac{t_1 - t_2}{\left(\frac{k_1 \cdot A}{\Delta x_1} + \frac{k_2 \cdot A_2}{\Delta x_2} \right)}$$

2.1.5.3 Tahanan thermal pada dinding radial (tabung)



Gambar 2.8 Perpindahan Kalor pada Arah Radial dan Analogi Listriknya.
(Sumber : J.p. Holman. perpindahan Kalor, Erlangga, Jakarta, 1991, Halaman 30)

Jika pada silindder dengan jari-jari dalam r_i dan jari-jari luar r_o , dan panjang L yang sangat besar dibandingkan dengan diameternya sehingga dapat kita andaikan bahwa aliran kalor berlangsung dengan arah radial seperti pada gambar 2.8 diatas, tahanan thermalnya dituliskan sebagai berikut.

$$R = \frac{\ln(r_o/r_i)}{2\pi.k.L}$$

Sehingga laju perpindahan kalor dapat ditulis seperti berikut:

$$Q = \frac{t_1 - t_2}{\left(\frac{\ln r_o/r_i}{2\pi.k.L} \right)}$$

atau

$$Q = \frac{2\pi.k.L(t_1 - t_2)}{\ln r_o/r_i}$$

dimana : Q = Laju perpindahan kalor (Watt)

t_1 = Temperatur dinding sisi kiri (panas) ($^{\circ}\text{C}$)

t_2 = Temperatur dinding sisi kanan (dingin) ($^{\circ}\text{C}$)

r_i = Jari-jari lingkaran dalam (m)

r_o = Jari-jari lingkaran luar (m)

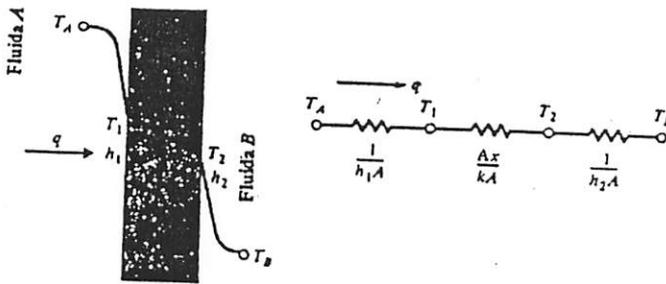
L = Panjang tabung (m)

Konsep ini dapat juga digunakan untuk menghitung dinding rangkap yang berbentuk silinder, seperti halnya pengaplikasian pada dinding datar.

2.1.6 Koefisien Perpindahan Kalor Menyeluruh

Perpindahan kalor menyeluruh adalah hasil gabungan proses konduksi dan konveksi yang dapat dinyatakan dengan koefisien perpindahan kalor menyeluruh. Aliran kalor menyeluruh tersebut digambarkan seperti pada gambar 2.9 dan dihitung dengan jalan membagi beda suhu menyeluruh dengan jumlah tahanan thermal.

$$Q = \frac{T_A - T_B}{\frac{1}{h_1 \cdot A} + \frac{\Delta x}{k \cdot A} + \frac{1}{h_2 \cdot A}}$$



Gambar 2.9 Perpindahan kalor menyeluruh pada dinding datar dan analogi listrik
(Sumber. J.P. Holman, Perpindahan Kalor, Erlangga, Jakarta, 1991, Halaman 33)

Aliran kalor menyeluruh dapat dinyatakan dengan koefisien perpindahan kalor menyeluruh yang dikorelasikan sebagai berikut :

$$Q_{\text{menyeluruh}} = U \cdot A \cdot \Delta t$$

Jika A adalah luas bidang aliran kalor, maka koefisien perpindahan kalor menyeluruh dirumuskan :

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{\Delta x}{k} + \frac{1}{h_2}}$$

dimana :

$Q_{\text{menyeluruh}}$ = Perpindahan kalor menyeluruh (Watt)

A = Luas penampang (m^2)

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

h_1 = Koefisien perpindahan panas konveksi ke1 ($\text{Q}/\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$)

Δx = Tebal bahan yang dilalui (m)

2.2 Pengeringan

Pengeringan adalah satu proses yang tersusun atas dua proses yaitu perpindahan panas dan perpindahan massa. Perpindahan massa dapat didefinisikan dengan berpindahnya salah satu unsur larutan fluida dari daerah yang konsentrasinya lebih tinggi menuju ke daerah yang konsentrasinya lebih rendah.

Perpindahan massa merupakan analogi terhadap perpindahan panas yang mana kedua proses tersebut tergantung pada beda potensial maupun penggerak dan tekanan, hanya saja kedua proses tersebut terjadi dalam arah yang berlawanan. Perpindahan panas terjadi dalam arah yang mengurangi gradien konsentrasi yang ada akan berhenti bila gradien konsentrasi berkurang sampai menjadi nol.

Dasar proses pengeringan adalah terjadinya penguapan air ke udara karena perbedaan kandungan uap air antara udara dan bagian yang dikeringkan, dalam hal ini kandungan uap air udara lebih sedikit sehingga berlangsung penguapan. Kemampuan udara dalam membawa uap air akan dipengaruhi oleh kecepatan alitrannya semakin cepat udara maka akan semakin banyak uap air yang terbawa, dan sebaliknya jika tidak mengalir maka kandungan uap air disekitar bahan yang dikeringkan makin jenuh sehingga pengeringan makin lambat.

Seperti telah dikemukakan bahwa selama pengeringan terjadi dua proses yaitu:

a) *Proses perpindahan panas*

Yaitu proses menguapnya air dalam bahan atau proses perubahan bentuk dari fase cair menjadi gas.

b) *Proses perpindahan massa*

Yaitu perpindahan uap air dari permukaan bahan yang dikeringkan ke udara.

Proses perpindahan panas terjadi karena temperatur udara yang lebih tinggi dari temperatur bahan yang dikeringkan akan memberikan sebagian panasnya pada bahan tersebut sehingga bahan yang terjadinya memiliki tekanan uap yang seimbang dengan udara sekitarnya akan menjadi lebih tinggi yang mana akan berakibat terjadinya perpindahan massa uap air dari bahan ke udara sekitarnya. pada saat perpindahan massa ini berlangsung maka terjadilah pengeringan pada permukaan bahan dan akan menurun setelah kenaikan temperatur pada seluruh permukaan bahan naik. Sejalan dengan itu terjadilah proses pergerakan air secara difusi dari bahan ke permukaan bahan. demikian seterusnya proses penguapan pada permukaan bahan diulangi lagi, demikian seterusnya proses penguapan pada permukaan bahan diulangi lagi. Akhirnya setelah kandungan air pada bahan berkurang, maka tekanan uap air pada bahan akan menurun sampai terjadi keseimbangan dengan udara sekitarnya

Semakin tinggi temperatur pengeringan akan semakin besar energi yang dibawa sehingga semakin banyak pula jumlah massa air yang akan diuapkan dari permukaan bahan. Namun perlu diingat bahwa laju pengeringan yang terlalu cepat dapat merusak bahan dimana permukaan bahan akan terlalu cepat kering sehingga tidak sebanding lagi dengan kecepatan pergerakan air dari dalam bahan

menuju ke permukaan. Keadaan ini akan mengakibatkan pengerasan pada permukaan bahan (case hardening) yang akhirnya air tidak dapat lagi menguap karena terhalang oleh lapisan tersebut dan kemungkinan bahan akan terbakar karena bahan kering sedangkan pemanasan tetap berjalan.

Beberapa faktor yang berpengaruh pada proses pengeringan dapat diklasifikasikan dalam dua kelompok, yaitu :

a) Faktor yang berhubungan dengan media pengering meliputi:

- Suhu pengeringan.
- lama pengeringan
- Kelembapan udara

b) Faktor yang berhubungan sifat bahan yang dikeringkan

- Ukuran bahan
- Kadar air

2.2.1 Metode pengeringan

Proses pengeringan secara garis besar dapat dibedakan menjadi dua cara yaitu:

1) *Pengeringan secara alamiah*

Pengeringan secara alamiah prosesnya adalah dengan menjemur bahan yang akan dikeringkan diterik matahari yang dapat mencapai temperatur sekitar 35°C sampai 45°C. Iklim di daerah tropis memang merupakan sumber yang potensial, akan tetapi pengeringan cara ini dirasakan kurang efektif lagi dengan semakin meningkatnya tuntutan kebutuhan.

Pengeringan dengan cara alamiah ini memiliki beberapa kelemahan diantaranya:

- Proses pengeringan tergantung pada matahari
- Memerlukan waktu yang lama
- Mudah terkontaminasi
- Kadar air sulit untuk dikontrol

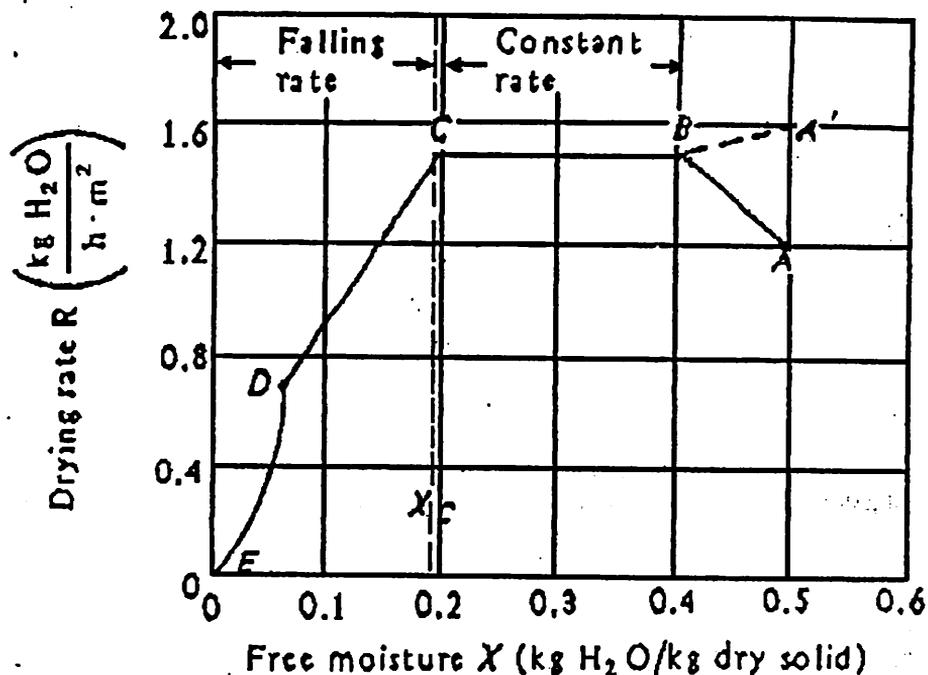
2) Pengeringan secara buatan

Adalah proses pengeringan dengan menggunakan alat pengering dimana akan memberikan keuntungan yaitu:

- Proses pengeringan dapat dikontrol
- Tidak tergantung pada matahari
- Tidak memakan tempat yang luas

Pengeringan mekanis ini memerlukan energi untuk memanaskan alat pengering, mengimbangi radiasi yang keluar dari alat, memanaskan bahan dan menguapkan air pada bahan.

2.2.2 Pembagian tahap-tahap pengeringan



Keterangan gambar:

A - B = Periode pemanasan

B - C = periode laju pengeringan konstan

C = Kadar air kritis

C - D = Laju pemanasan menurun pertama

D - E = Laju pemanasan menurun kedua

Seperti diketahui bahwa proses pengeringan diperlukan waktu pengeringan dimana selama itu akan terjadi peristiwa-peristiwa yang dapat kita lihat diagram pada gambar 2.10 diatas

2.2.2.1 Periode pemanasan

Pemanasan juga dikatakan keadaan tetap, dimana sangat sukar untuk diamati karena berlangsung secara cepat. Setelah bahan kontak dengan gas selaku medium pengering, maka akan terjadi perubahan suhu pada bahan. Perubahan suhu ini berlangsung terus mencapai kondisi keadaan tetap. Pada gambar 2.10 dapat dilihat kurva akan naik dari A ke B apabila diketahui suhu awal bahan lebih rendah.

2.2.2.2 Periode laju pengeringan konstan

Pada periode ini B ke C pada gambar 2.10 permukaan bahan jenuh dengan uap air. Periode laju pengeringan konstan berjalan karena difusi uap pada permukaan yang jenuh dengan uap air. Uap air yang mengalir menguap secara bergantian oleh uap air yang berpindah dari bagian dalam bahan.

Kecepatan uap air yang mengalir dari bahan sama dengan kecepatan uap air yang diupkan. Sehingga kondisi permukaan bahan yang jenuh tetap dapat dipertahankan. Dan kecepatan darilaju pengeringan dikendalikan oleh kecepatan perpindahan panas ini diimbangi oleh kecepatan perpindahan massa sehingga temperatur permukaan bahan jenuh tersebut dapat konstan

Laju pengeringan konstan akan dipengaruhi oleh hal, yaitu

- a. Luas permukaan pengeringan
- b. Perbedaan kelembapan antara aliran udara pengering dengan permukaan basah bahan
- c. Koefisien perpindahan massa
- d. Kecepatan aliran udara

2.2.2.3 Periode Laju pengeringan menurun

Periode ini akan terjadi bila laju pengeringan konstan terakhir pada *kritikal moisture konstan* (kadar air tidak dari bahan sudah habis) pada gambar 2.10 terlihat garis C – D – E. Pada keadaan ini permukaan penguapan sudah tidak lagi dipertahankan kejenuhaannya oleh aliran air dari dalam bahan. Oleh sebab itu akan terjadi keadaan dimana laju perpindahan uap air dari bagian dalam bahan akan lebih rendah dari pada uap air yang diupkan.

Hal ini menyebabkan sebagian permukaan bahan mulai mengering. Laju pengeringan akan turun sampai akhirnya berhenti pada saat terjadi keseimbangan antara bahan dan udara pengering (titik E). Pada saat ini pengeringan berharga nol dan temperatur bahan akan sama dengan temperatur ruang pemanas serta tekanan uap air didalam sama dengan tekanan udara pengering.

2.3 Beban Pemanas

Beban pemanas didefinisikan sebagai suatu beban yang harus dipanaskan pada sistem pemanas baik berupa benda maupun fluida. Panas yang diserap oleh sistem akan menentukan besarnya kapasitas pemanas yang dihitung dengan satuan watt atau joule/detik.

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap besarnya kapasitas pemanas pada alat pengering ini adalah:

1. Beban pemanasan karena produk yaitu 15 kg pisang.
2. Beban pemanasan karena adanya fluida dan benda di ruang pemanis.
3. Beban pemanas karena perpindahan panas melalui dinding.
4. Beban pemanasan karena infiltrasi

2.3.1 Beban pemanas karena produk

Temperatur pisang sebelum masuk ke dalam ruang pengering adalah 25°C dan diharapkan terjadi kenaikan suhu sampai 85°C. Sumber utama dari beban pemanasan yang diakibatkan oleh produk adalah:

1. Energi yang diperlukan untuk menaikkan temperature produk pisang dari temperature awal ke temperature akhir.
2. Panas yang diserap secara terus menerus dalam ruang pemanas.

Jika produk dimasukkan ke dalam ruang pengering yang temperatur lebih tinggi dari temperatur awal produk, maka produk tersebut akan menyerap panas.

Panas yang diserap oleh system secara terus-menerus adalah:

a. *Panas sensible*

Adalah panas yang diserap selama pemanasan dari temperatur masuk sampai temperatur panas. Jika ruang pemanas pada temperatur panas produk dimasukkan maka besarnya panas sensible dari produk tersebut adalah:

$$Q_s = m \cdot C_p \cdot (t_1 - t_0)$$

Dimana :

Q_s = panas sensible (kal)

m = masa air dari produk (kg)

C_p = panas jenis air (kal/gr°C)

t_1 = temperatur produk masuk (°C)

t_2 = temperatur panas masuk (°C)

b. *Panas latent*

Adalah panas yang diserap oleh produk selampengeringan dari temperatur panas sampai temperatur akhir, yang besarnya adalah:

$$Q_l = m \cdot L$$

Dimana :

Q_l = panas latent (kal)

m = massa produk (gram)

L = panas latent air (kal/gram)

Sehingga total beban pemanas karena produk tiap detik adalah:

$$Q_1 = \frac{Q_s + Q_l}{t}$$

Dimana :

Q_1 = panas total karena produk (kal)

Q_s = panas sensible (kal)

Q_l = panas latent (kal)

t = waktu pemanasan (detik)

2.3.2 Beban pemanas karena fluida dan benda di dalam ruang pemanas

Di dalam ruang pemanas selain produk pisang juga terdapat benda-benda atau fluida lain dalam hal ini udara yang juga menyerap panas dimana pada akhirnya akan menambah beban dari pemanas. Benda-benda lain tersebut antara lain:

- Rak pisang
- Dudukan rak
- Pegangan rak
- Penjepit kaca
- Penjepit thermometer
- Plat pembelok udara
- Udara

Diketahui bahan-bahan tersebut terbuat dari aluminium dengan spesifikasi sebagai berikut:

$$\rho = 2,707 \text{ kg.m}^3 \quad C_p = 0,896 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \quad t = 0,0008 \text{ m} \quad \Delta t = 60^\circ\text{C}$$

Beban pemanasan yang diakibatkan oleh benda-benda dan fluida yang ada di ruang pemanas tersebut dapat diketahui dengan menghitung pada tiap-tiap bagian dengan rumus sebagai berikut:

$$Q = m.C_p. \Delta t$$

$$m = \rho.V$$

$$V = p.l.t$$

Dimana :

M = massa benda/fluida (kg)

C_p = panas jenis benda/fluida (kj/kg°C)

ρ = masa jenis benda/fluida (kg/m³)

V = volume benda/fluida (m³)

p = panjang (m)

l = lebar (m)

t = tinggi (m)

Sehingga beban total pemanas yang diakibatkan oleh benda-benda dan fluida tersebut adalah:

$$Q_2 = Q_{\text{rak}} + Q_{\text{dudukan rak}} + Q_{\text{pegangan rak}} + Q_{\text{penjepit kaca}} + Q_{\text{penjepit thermometer}} + Q_{\text{plat pembelok}} + Q_{\text{pengarah}} + Q_{\text{udara}}$$

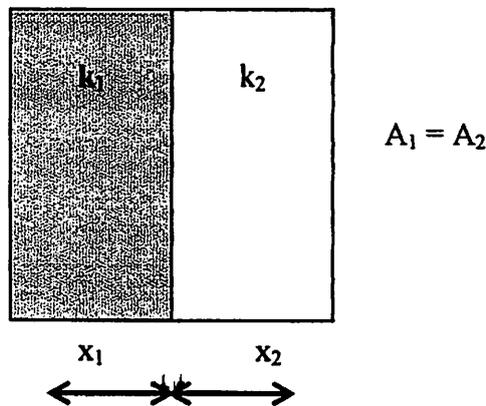
2.3.3 Beban pemanas karena akibat perpindahan panas melalui dinding

Untuk mencapai efisiensi yang tinggi pada alat pengering maka beberapa hal yang harus dipertimbangkan oleh perancang dalam pemilihan bahan dinding ruang pemanas, yaitu:

- Tahan korosi
- Konduktivitas bahan
- Proses pembentukan bahan
- Kekuatan

- Harganya relative murah
- Mudah didapatkan di pasaran

Dinding ruang pemanas direncanakan dengan susunan seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 2.11 Susunan Lapisan Dinding Ruang Pemanas

Maka laju perpindahan kalor dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q = U.A (t_1 - t_0)$$

Dengan persamaan di atas dan dengan susunan dinding seperti pada gambar 2.11, maka untuk mengetahui perpindahan panas yang terjadi pada dinding harus disesuaikan dengan konstruksi serta bahan dinding yang digunakan sehingga:

$$Q = A_1 . hc_1 . (t_0 - t_1)$$

$$Q = A_2 . k_2 . \left(\frac{t_1 - t_2}{x_1} \right)$$

$$Q = A_3 . k_3 . \left(\frac{t_2 - t_3}{x_2} \right)$$

$$Q = A_4 . hc_2 . (t_3 - t_4)$$

Maka didapatkan :

$$\frac{Q}{A_1 \cdot hc_1} = t_0 - t_1$$

$$\frac{Q \cdot x_1}{A_2 \cdot k_1} = t_1 - t_2$$

$$\frac{Q \cdot x_2}{A_3 \cdot k_2} = t_2 - t_3$$

$$\frac{Q}{A_4 \cdot hc_2} = t_3 - t_4$$

Dari keempat parameter di atas dijumlahkan maka didapatkan:

$$Q \left(\frac{1}{A_1 \cdot hc_1} + \frac{x_1}{A_2 \cdot k_1} + \frac{x_2}{A_3 \cdot k_2} + \frac{1}{A_4 \cdot hc_2} \right) = (t_0 - t_4)$$

Jumlah total perpindahan panas yang melalui dinding pada masing-masing sisi dengan luasan adalah:

$$Q_3 = \frac{(t_0 - t_4)}{\frac{1}{hc_1} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{1}{hc_2}} \times (A)$$

Dimana :

Q = laju perpindahan panas melalui dinding (Watt)

hc_1 = koefisien perpindahan panas konveksi udara dalam ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

hc_2 = koefisien perpindahan panas konveksi udara luar ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

x_1 = tebal dinding lapisan dalam (MDF) (m)

x_2 = tebal dinding lapisan luar (A_1) (m)

k_1 = konduktivitas thermal bahan MDF ($W/m \cdot ^\circ C$)

k_2 = konduktivitas thermal bahan A_1 ($W/m \cdot ^\circ C$)

A = luas penampang (m^2)

2.3.4 Beban pemanas karena infiltrasi

Mengingat jarak antara sumber kalor dengan rak nomor 1, 2, dan 3 tidak sama, agar pengeringan merata artinya selesai dalam waktu yang bersamaan dengan kadar air terakhir yang seragam pula maka tiap jam diadakan pertukaran tempat antara rak yang satu dengan yang lain secara berurutan yang kurang lebih memakan waktu 4 menit untuk setiap kali penggantian. Pada saat pemindahan rak, pintu ruang pemanas terbuka, maka udara panas dalam ruang pemanas akan mengalir keluar meninggalkan sistem dan udara di luar sistem yang temperatur lebih rendah akan mengalir masuk ruang pengering menggantikan udara panas yang keluar dari sistem. Besarnya udara yang mengalir keluar dari sistem pemanas diasumsikan 60% dari volume ruang pemanas, sehingga besarnya infiltrasi dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_4 = V^1 \cdot \rho \cdot C_p \cdot (t_0 - t_1)$$

Dimana :

Q_4 = jumlah panas karena infiltrasi (Kj)

V^1 = jumlah udara infiltrasi

$$= V \cdot 60\% \text{ (m}^3\text{)}$$

ρ = massa jenis udara (kg/m³)

C_p = panas jenis udara (Kj/KgoC)

dT = beda suhu (oC)

Dari semua perhitungan di atas akan didapat jumlah panas total yang merupakan beban pemanas akibat perpindahan panas melalui dinding:

$$Q_{\text{total}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

2.4 Sumber Kalor

Sumber kalor adalah bagian atau komponen dari alat pengering dimana berfungsi sebagai produsen kalor untuk memanaskan udara sirkulasi yang dalam hal ini digunakan sebagai media untuk menguapkan kandungan air pada produk pisang. Sumber kalor yang direncanakan harus mampu memenuhi kebutuhan kalor pada alat sesuai dengan beban pemanas yang ada.

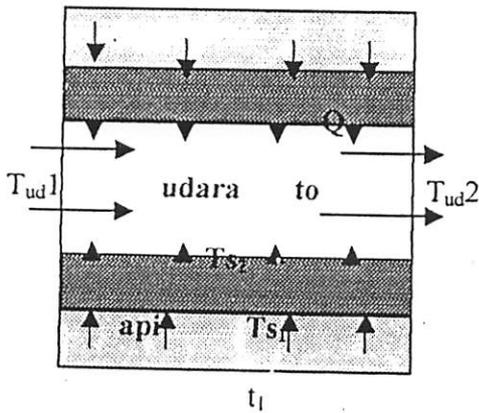
Adapun sumber kalor yang direncanakan adalah berupa brander penyembur api dimana didalamnya dialirkan bahan bakar cair bertekanan yang berasal dari tangki bahan bakar.

2.4.1 Perpindahan panas pada sumber kalor

Proses dari api sebagai penghasil panas sehingga mencapai udara pemanas yang melintasi pipa-pipa elemen pemanas pada sumber kalor dilakukan dengan cara konveksi dan konduksi yang dapat diuraikan sebagai berikut:

2.4.1.1 Konveksi

Perpindahan panas secara konveksi terjadi pada penyerahan panas dari api brander penyembur ke dinding pipa-pipa elemen bagian luar dan dari permukaan dalam pipa-pipa elemen bagian luar dan dari permukaan dalam pipa-pipa elemen pemanas menuju udara yang melintasi bagian dalam pipa-pipa tersebut seperti terlihat pada gambar 2.13 berikut:



T_{ud1} = temperatur udara masuk
 T_{ud2} = temperatur udara keluar
 t_1 = temperatur api
 t_0 = temperatur udara dalam pipa
 Ts_1 = temperatur pipa bagian luar
 Ts_2 = temperature pipa bagian dalam

Gambar 2.13 Perpindahan panas konveksi pada sumber kalor.

Besarnya panas yang diserahkan adalah:

$$Q_c = hc \cdot A (T_2 - T_1)$$

Dimana :

Q_c = perpindahan panas konveksi (Watt)

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

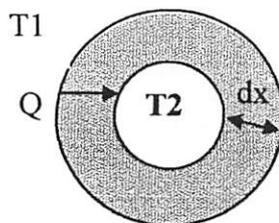
A = Luas penampang (m^2)

T_2 = daerah temperatur tinggi ($^\circ C$)

T_1 = daerah temperatur rendah ($^\circ C$)

2.4.1.2 Konduksi

Perpindahan panas secara konduksi terjadi pada saat panas berpindahan dari permukaan luar menuju ke permukaan dalam pipa dengan tebal seperti terlihat pada gambar di bawah.



Gambar 2.14 Perpindahan panas konduksi pada sumber kalor

Besarnya panas yang diberikan adalah:

$$Q_k = -k.A. \frac{dT}{dx}$$

Karena bentuknya lingkaran dengan luas $A = 2.\pi.r$ dan panjang l , maka dapat ditulis:

$$Q_k = k.2.\pi.r.l. \frac{(T_2 - T_1)}{\ln \frac{r_2}{r_1}}$$

Dimana :

Q_k = perpindahan panas konduksi (Watt)

k = konduktivitas thermal bahan pipa ($W/m^2.\text{°C}$)

A = luas penampang (m^2)

dt = beda temperature (°C)

r_1 = jari-jari lingkaran dalam (m)

r_2 = jari-jari lingkaran luar (m)

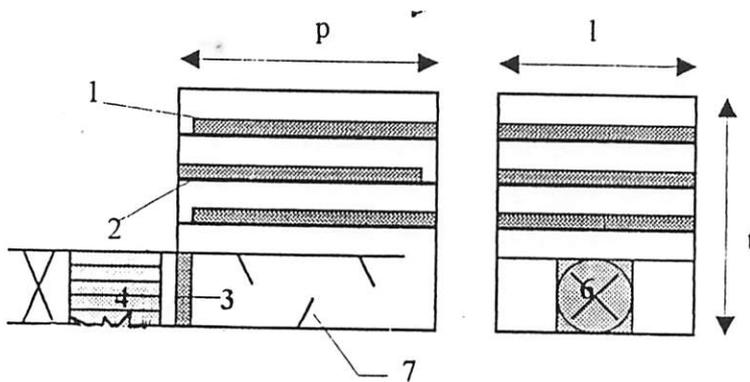
BAB III

MODEL PERALATAN YANG DIRANCANG

3.1 Perencanaan Alat Pengering

Tanaman pisang merupakan tanaman yang mudah tumbuh dan berkembang di daerah tropis, termasuk Indonesia. Sebagai contoh seperti daerah Lumajang adalah penghasil pisang yang berkualitas oleh karena itu dengan perencanaan alat pengering ini akan dapat memaksimalkan hasil dari buah pisang. Dengan banyaknya produk tersebut masyarakat memanfaatkan sebagai buah, kripik, kue dan sale pisang. Itupun cara pembuatannya masih sangat tradisional yaitu dengan cara pengeringan dengan sinar matahari dan itu akan memerlukan waktu yang cukup lama. Alat pengering ini sangat efisien dan mudah dijangkau serta tidak perlu menggantungkan terhadap sinar matahari.

3.2 Konstruksi Alat Pengering



Gambar 3.1 Konstruksi alat pengering

Keterangan Gambar

1. Produk
2. Rak
3. Kisi Pengarah
4. Elemen Pemanas
5. Brander
6. Kipas
7. Plat Pembelok

Alat pengering sale pisang ini direncanakan dengan bentuk seperti tampak pada gambar 3.1, dengan ukuran sebagai berikut:

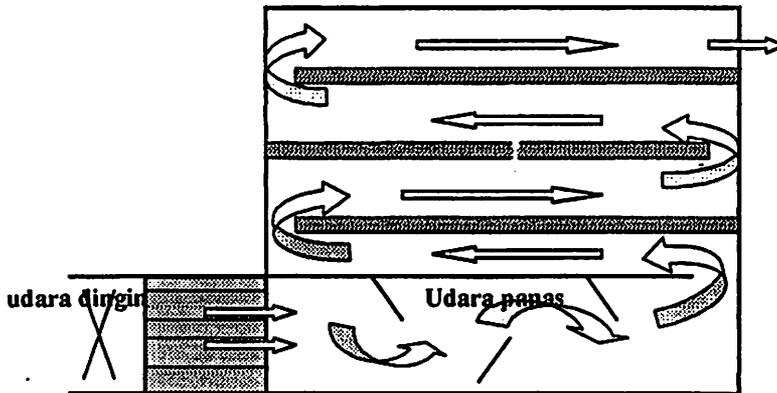
- Dinding bawah, belakang = $920 \times 500 \times 0,8$
- Dinding atas, kanan, kiri = $1340 \times 420 \times 0,8$

Dengan ukuran tersebut diharapkan pengguna tidak akan kesulitan (terlalu berat), tidak memakan banyak tempat namun tetap memiliki efisiensi yang tetlalu tinggi sehingga menjadi sebuah alat pengering yang produktif.

3.3 Cara Kerja Alat Pengering

Alat pengering tersebut bekerja dengan memanfaatkan system perpindahan kalor. Udara panas akan disirkulasikan ke ruang pemanas dimana akan ditempatkan produk pisang yang akan dikeringkan, yang diharapkan akan mamapu menguapkan kandungan air pada produk tersebut sampai tingkat tertentu.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat skematik cara kerja alat pengering sale pisang pada gambar 3.2 berikut ini.



Gambar 3.2 Skematik cara kerja alat pengering

Udara dari atmosfer bebas akan dihisap oleh sebuah fan yang selanjutnya akan ditekan ke ruang pemanas dengan melalui elemen pemanas sehingga udara yang sebelumnya bertemperatur T_0 (rendah) akan memiliki temperatur T_1 (tinggi). Sebelum melewati rak-rak pisang di maka udara akan dilewatkan terlebih dahulu pada ruang penyaring, dimana pada ruangan ini arah aliran udara panas akan dibelok-belokkan oleh karena adanya plat-plat pembelok dengan tujuan agar jika terdapat kotoran yang terbawa oleh udara panas akan diarahkan ke ruang rak dimana didalamnya terdapat rak nomor 1,2, dan 3 sebagai tempat pisang yang akan dikeringkan. Pada ruang inilah akan berlangsung penguapan kandungan air pada pisang hingga mencapai kadar air tertentu (20 %). Temperatur ruang pengering dijaga pada temperatur $\leq 85^{\circ} \text{C}$ dengan pengontrol temperatur otomatis.

3.4 Kelebihan dan Kekurangan

3.4.1 kelebihan dari perencanaan alat pengering

Alat pengering ini dalam pembuatannya tidak terlalu membutuhkan biaya banyak. Dengan memiliki alat ini semakin meningkatkan proses produksi dan waktu yang relati lebih pendek. Bahan baku dari pembuatan alat akan menggunakan bahan anti karat dengan demikian akan menjamin kebersihan hasil yang akan diperoleh. Dari pengalaman yang pernah ada alat-alat pengering yang telah ada alat tersebut mudah rusak sedangkan alat ini menjamin keawetan karena menggunakan bahan yang baik serta lebih murah.

3.4.2 Kekurangan Dari Perencanaan Alat Pengering

Kekurangan dari alat ini hanya dalam hal pemasaran, karena masyarakat Indonesia lebih senang menggunakan cara tradisional karena mereka menghemat biaya produksi.

Sedangkan kekurangan dari bahan pembuatan alat ini yaitu terlalu banyak menggunakan energi listrik serta memerlukan biaya pembuatan alat. sisi dari kekurangan yang paling mendasar adalah alat ini memiliki kapasitas produksi yang terbatas.

BAB IV

PERENCANAAN DAN PERHITUNGAN

4.1 Perhitungan Beban Pemanas

Seperti telah diuraikan pada sub bab 2.3 bahwa beban pemanasan dikelompokkan menjadi empat yaitu:

4.1.1 Beban Pemanas Karena Produk

Jumlah kalor yang akan diserap oleh produk dalam hal ini pisang, adalah panas sensible dan panas latent yang besarnya dapat dihitung sebagai berikut :

Panas Sensible

Jika diketahui panas jenis air (C_p) dianggap $1 \text{ kal/gr}^\circ\text{C}$ (Sear Zemansky, *Fisika Untuk Universitas 1, Hal 377*), temperatur pisang memasuki ruang penering (T_0) 25°C , temperatur ruang pemanas (T_1) 85°C , pisang segar memiliki kandungan air sebesar kandungan air sebesar 70 % dan kandungan air terakhir pada sale pisang adalah 20 % maka massa air yang diuapkan sebesar:

- Massa air dari produk = $70 \% \cdot 15000 \text{ gr}$
= 10500 gr
- Massa air terakhir = $20 \% \cdot 10500$
= 2100 gr
- Massa air yang diuapkan (m) = $10500 - 2100$
= 8400gr

Jadi jumlah panas sensible :

$$\begin{aligned} Q_s &= m \cdot C_p(T_1 - T_0) \\ &= 8400 \cdot 1(85 - 25) \\ &= 252000 \text{ kal.} \end{aligned}$$

4.1.2 Beban Pemanas Karena Kerugian Kalor melalui Dinding

Dinding alat pengering sale pisang ini tersusun atas dua jenis bahan dengan susunan seperti terlihat pada gambar 2.11 yang terdiri dari aluminium dan serbuk gergaji dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Aluminium

- Konduktivitas thermal (k_{Al}) = 204 w/m⁰C
- Tebal plat (x_{Al}) = 0,001 m

2. Serbuk gergaji

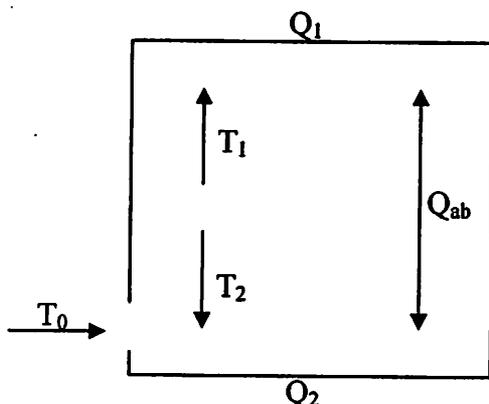
- Konduktivitas thermal (k_{MDF}) = 0,059 w/m0C
- Tebal plat (x_{Al}) = 0,0027 m

Temperatur di dalam ruang pemanas (T_0) = 85⁰C

Temperatur di luar ruang pemanas (T_1) = 25⁰C

Berdasarkan spesifikasi di atas maka perpindahan kerugian kalor yang melalui dinding adalah sebagai berikut:

4.1.2.1 Perpindahan Kalor pada dinding Atas dan Bawah



Dimensi dinding:

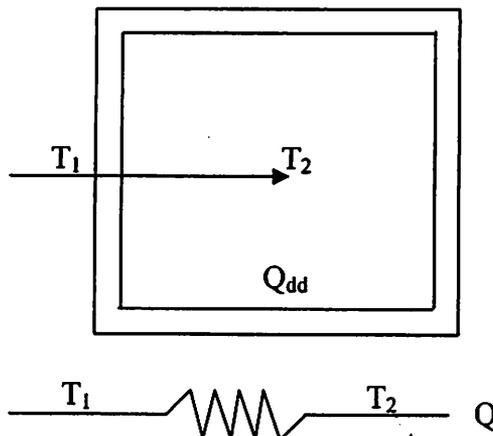
$$\begin{aligned} P_{MDF} &= 0,62 \text{ m} & P_{Al} &= 0,62 \text{ m} \\ I_{MDF} &= 0,52 \text{ m} & I_{Al} &= 0,52 \text{ m} \\ A_{MDF} &= 0,3224 \text{ m}^2 & A_{Al} &= 0,3224 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{ab} &= \frac{T_0 - T_1}{\frac{1}{hc_0 \cdot A} + \frac{x_{MDF}}{k_{MDF} \cdot A} + \frac{x_{Al}}{k_{Al} \cdot A} + \frac{1}{hc_1 \cdot A}} \\ &= \frac{85 - 25}{\frac{1}{12,0 \cdot 0,3224} + \frac{0,0027}{0,059 \cdot 0,3224} + \frac{0,001}{204,0 \cdot 0,3224} + \frac{1}{12,0 \cdot 0,3224}} \\ &= 91,06 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Karena dinding atas sama dengan bawah, maka:

$$\begin{aligned} Q_{ab} &= 91,06 \times 2 \\ &= 182,12 \text{ Watt} \end{aligned}$$

4.1.2.2 Perpindahan Kalor pada Dinding Depan



Dimensi dinding:

$$\begin{aligned} P_{MDF} &= 0,62 \text{ m} & P_{Al} &= 0,62 \text{ m} \\ I_{MDF} &= 0,55 \text{ m} & I_{Al} &= 0,55 \text{ m} \\ A_{MDF} &= (P \cdot l) - \text{lubang kaca} & A_{Al} &= (P \cdot l) - \text{lubang kaca} \end{aligned}$$

$$= (0,62 \cdot 0,55) - (0,26 \cdot 0,05)$$

$$= 0,328 \text{ m}^2$$

$$= (0,62 \cdot 0,55) - (0,26 \cdot 0,05)$$

$$= 0,328 \text{ m}^2$$

$$Q_{dd} = \frac{85 - 25}{\frac{1}{12,0,328} + \frac{0,0027}{0,059 \cdot 0,328} + \frac{0,001}{204,0,328} + \frac{1}{12,0,328}}$$

$$= 92,65 \text{ Watt}$$

Dimensi kaca:

$$P_{\text{glass}} = 0,28 \text{ m}$$

$$I_{\text{glass}} = 0,07 \text{ m}$$

$$A_{\text{glass}} = 0,0196 \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{glass}} = \frac{85 - 25}{\frac{1}{12,0,196} + \frac{0,00}{0,78 \cdot 0,0196} + \frac{1}{12,0,0196}}$$

$$= 6,8968 \text{ Watt}$$

Perpindahan kalor pada dinding depan:

$$Q_{dp} = Q_{dd} + Q_{\text{glass}}$$

$$= 92,65 + 6,8968$$

$$= 99,55 \text{ Watt}$$

4.1.2.3 Perpindahan Kalor pada Dinding Belakang

Dimensi dinding:

$$P_{\text{MDF}} = 0,62 \text{ m}$$

$$P_{\text{A1}} = 0,62 \text{ m}$$

$$I_{\text{MDF}} = 0,55 \text{ m}$$

$$I_{\text{A1}} = 0,55 \text{ m}$$

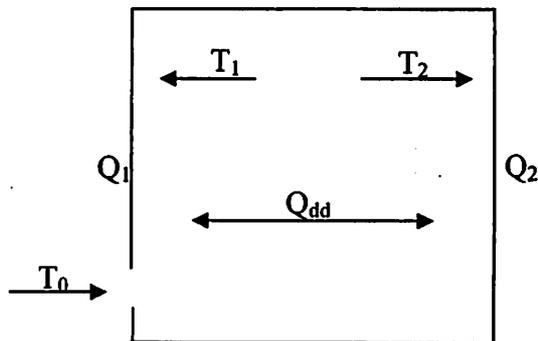
$$A_{\text{MDF}} = 0,341 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{A1}} = 0,341 \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{blk}} = \frac{85 - 25}{\frac{1}{12,0,341} + \frac{0,0027}{0,059,0,341} + \frac{0,001}{204,0,341} + \frac{1}{12,0,341}}$$

$$= 96,33 \text{ Watt}$$

4.1.2.4 Perpindahan Kalor pada Dinding Samping Kiri



Dimensi dinding:

$$P_{\text{MDF}} = 0,52 \text{ m}$$

$$P_{\text{A1}} = 0,52 \text{ m}$$

$$I_{\text{MDF}} = 0,55 \text{ m}$$

$$I_{\text{A1}} = 0,55 \text{ m}$$

$$A_{\text{MDF}} = (P \cdot I) - \text{lubang keluar}$$

$$= (0,52 \cdot 0,55) - (0,4 \cdot 0,025)$$

$$= 0,276 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{A1}} = (P \cdot I) - \text{lubang keluar}$$

$$= (0,52 \cdot 0,55) - (0,4 \cdot 0,025)$$

$$= 0,276 \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{dd}} = \frac{85 - 25}{\frac{1}{12,0,276} + \frac{0,0027}{0,059,0,276} + \frac{0,001}{204,0,276} + \frac{1}{12,0,276}}$$

$$= 77,96 \text{ Watt}$$

4.1.2.5 Perpindahan Kalor pada Dinding Samping Kanan

Dimensi dinding:

$$P_{\text{MDF}} = 0,52 \text{ m}$$

$$P_{\text{A1}} = 0,52 \text{ m}$$

$$I_{\text{MDF}} = 0,55 \text{ m}$$

$$I_{\text{A1}} = 0,55 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 A_{MDF} &= (P.1) - \text{lubang masuk} & A_{A1} &= (P.1) - \text{lubang masuk} \\
 &= (0,52.0,55) - (0,12.0,12) & &= (0,52.0,55) - (0,12.0,12) \\
 &= 0,2716 \text{ m}^2 & &= 0,2716 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{dd} &= \frac{85 - 25}{\frac{1}{12.0,2716} + \frac{0,0027}{0,059.0,2716} + \frac{0,001}{204.0,2716} + \frac{1}{12.0,2716}} \\
 &= 76,84 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Jadi jumlah kerugian kalor melalui dinding pemanas secara keseluruhan selama proses pengeringan adalah:

$$\begin{aligned}
 Q_3 &= Q_{ab} + Q_{dp} + Q_{blk} + Q_{kiri} + Q_{kanan} \\
 &= 182,12 + 99,55 + 96,33 + 77,96 + 76,84 \\
 &= 532,8 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Karena proses penengrigan berjalan selama 5 jam, maka:

$$\begin{aligned}
 Q_3 &= \frac{532,8 \times (5.3600)}{4,18605} \\
 &= 2291038,09 \text{ kal}
 \end{aligned}$$

4.1.3 Beban Pemanas Karena Infiltrasi

Volume udara dalam ruang pemanas besarnya adalah:

$$\begin{aligned}
 V &= \text{Vol.ruang} - \text{Vol. Benda lain dalam ruang} \\
 &= (600.500.542) - (556120,2) \\
 &= 162043879,8 \text{ mm}^3 \\
 &= 0,162 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Volume udara infiltrasi diasumsikan 60% dari volume udara ruang, maka:

$$\begin{aligned}
 V^1 &= V \cdot 60\% \\
 &= 0,162 \cdot 60\% \\
 &= 0,097 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Masa jenis udara (ρ) pada 25°C (298 K) karena pada tabel tidak tercantum pada temperature tersebut maka dilakukan interpolasi:

$$\begin{aligned}
 \rho &= 1,3947 + \frac{(298 - 250)}{(300 - 250)} \times (1,1614 - 1,3947) \\
 &= 1,1707 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Kalor jenis udara pada 25°C (298 K) didapatkan dengan cara yang sama yaitu dengan melakukan interpolasi dari tabel.

$$C_p = 1,006 + \frac{(298 - 250)}{(300 - 250)} \times (1,007 - 1,006)$$

Dimana ΔT adalah $(85 - 25) = 60^\circ\text{C}$, sehingga jumlah kerugian kalor karena infiltrasi adalah:

$$\begin{aligned}
 Q_4 &= V \cdot \rho \cdot C_p \cdot \Delta T \\
 &= 0,097 \cdot 1,1707 \cdot 1,0069 \cdot 60 \\
 &= 6,97 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

Karena setiap satu kali proses pengeringan dilakukan perpindahan rak sebanyak 4 kali, maka jumlah kerugian kalor karena infiltrasi adalah:

$$\begin{aligned}
 Q_4 &= 6,97 \times 4 \\
 &= 27,88 \text{ kJ} \\
 &= 6660,2 \text{ kal}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan beban pemanas keseluruhan maka didapatkan total panas yang dibebankan kepada sumber panas sebesar:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{total}} &= Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \\
 &= 4779600 + 2382,9 + 2291038,09 + 6660,2 \\
 &= 7079681,19 \text{ kal} \\
 &= 7079,6 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

4.2 Perhitungan Perpindahan Kalor Pada Sumber Kalor

Seperti telah diuraikan pada sub bab 2.4.2 bahwa proses perpindahan panas pada sumber kalor dilakukan dengan cara konveksi dan konduksi yaitu konveksi pada saat perpindahan panas dari api menuju ke pipa-pipa elemen pemanas bagian luar dan dari permukaan pipa bagian dalam menuju udara yang melintas di dalamnya serta konduksi saat perpindahan dari permukaan luar pipa menuju permukaan dalam pipa elemen.

Jika dilihat proses kerjanya maka proses perpindahan panas pada sumber kalor tersebut merupakan proses kerja dari penukar kalor aliran silang, karena udara pemanas dan udara yang dipanaskan mengalir dengan arah saling tegak lurus. Udara yang berasal dari atmosfer bebas melintas di dalam pipa-pipa elemen pemanas memiliki temperatur (t_1) 25°C , dan setelah keluar dari pipa-pipa tersebut diharapkan sudah menerima panas sehingga memiliki temperatur (t_2) 85°C . Untuk mencapai kondisi demikian maka api yang memanaskan pipa elemen pemanas bagian luar harus dikondisikan pada temperatur tertentu. Temperatur api pemanas yang berasal dari brander penyembur dapat dihitung dengan menggunakan koefisien perpindahan kalor menyeluruh U. Nilai kira-kira koefisien perpindahan kalor menyeluruh dapat dilihat dalam tabel 6 pada lampiran 6, dimana untuk penukar kalor dengan situasi fisik perpindahan panas dari gas ke

gas memiliki nilai $10 - 40 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$. Berdasarkan nilai tersebut maka temperatur api dapat dihitung sebagai berikut:

$$Q = U.A.(T_o - T_i)$$

$$A = 2.\pi.r.l.9$$

$$= (2.\pi.0,0145.0,175).9$$

$$= 0,143 \text{ m}^2$$

$$Q = 7079,6 \text{ kkal} = 1646,4 \text{ Watt}$$

$$1646,4 = 40.0.143.(T_o - 85)$$

$$T_o - 85 = \frac{1646,4}{40.0,143}$$

$$T_o = 286,8 + 85$$

$$= 371,8^\circ\text{C}$$

Agar alat pengering dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan artinya mampu mengeringkan (menguapkan) 15 kg produk pisang hingga mencapai kadar air 20% dalam waktu 5 jam, maka temperature api pada brander penyembur harus mencapai $371,8^\circ\text{C}$.

BAB V

PENUTUP

Dengan terselesaikannya penyusunan penulisan Tugas Akhir ini maka penulis dapat memberikan kesimpulan dan saran seperti dibawah ini :

5.1 Kesimpulan

Dari perencanaan dan perhitungan panas alat pengering sale pisang maka dapat diambil kesimpulan seperti dibawah ini :

1. Dari segi penggunaan alat ini cukup mampu mengilahkan prodak (pisang)
2. Secara ekonomis harga alat ini dapat dijangkau oleh pengusaha kecil pada husunya dan masyarakat menengah pada umumnya.
3. Ditinjau dari peralatan sangat mudah dan murah karna tidak membutuhkan biaya besar, waktu lama, tempat luas dan tenaga banyak
4. Ditinjau dari segi operasionalnya sangat mudah karena hanya menyalakan alat pengering ini dan menggerakkan kipas yang dihubungkan dengan sumber listrik.
5. Spesifikasi alat pengering sale pisang adalah :
 - Kapasitas 15 Kg / 1 jam setiap 5 jam operasi
 - Dimensi : 620 mm x 520mm x 550 mm

5.2 Saran

Perancang merasa masih ada kekurangan atau kelemahan dari alat tersebut. Untuk itu perlu adanya saran kritik yang dapat menyempurnakannya sehingga nantinya alat pengering ini bisa beroperasi secara efektif dan efisien serta menghasilkan prodak dengan jumlah yang sangat besar dan berkualitas. Saran dan kritik tersebut diharapkan yang positif.

Agar mendapatkan hasil yang lebih baik dan umur pakai yang lebih lama maka yang perlu diperhatikan adalah :

1. Untuk meningkatkan umur pakai alat perlu diperhatikan cara pemakainnya yaitu jangan memberikan beban yang berlebihan pada rak.
2. Perawatan dari komponen dari mesin harus benar-benar terjaga agar dapat bekerja dengan bauik.
3. Pada alat pembuat pengering sale pisang ini masih perlu disempurnakan agra alat ini optimal dengan baik dari segi kualitas dan kuantitas dari produk yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Achmad Ziniun, *Elemen Mesin I*, PT. Rafika Aditama, Bandung, 1999
2. Bagian Pendidikan Asrama Realino, *Bagian – Bagian Mesin I*, Yogyakarta, 1971
3. Soeparno Djiwo, *Diktat Elemen Mesin*, ITN, Malang, 1997
4. Dobrvolsky. V. *Machine Elemen*, Peace Publiser, Moscow
5. Ghost.D.N, *Engearing Mechanjcs and Strenght Of Materal*, M/S Collage Book Strove, New Delhi (India), 1981
6. Just Herman, Scharkus.eduard, *Westerman Tabela For The Metal Trade*, Wiiley Eusterne Limited,New Dhelhi,Bangalore,Bombay,Calcuta
7. J.P. Holman, *Perpindahan Kalor*, Erlangga,Jakarta,1991
8. Kenyon.W, Ginting.Dines, *Dasar-dasar Pengelasan Logam*, Erlangga Jakarta,1981
9. Khurmi S.R, *Machine Design,Euresia Publishing House*, New Delhi,1982
10. Sato, Takeshi. S.H, Sigiarto. N, *Menggambar Mesin (Menuurut Standart Iso)* PT. Pradnya Paramita, Jakarta. 1996
11. Sularso, Kiyokatsu. Suga, *Elemen Mesin*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 1978
12. Wiryo Sumarto. Harsono. *Teknologi Pengelasan Logam*, Pradnya Paramita, Jakarta, 1981

Lampiran 1

Tabel 1

Panas Peleburan Dan Panas Penguapan

Zat	Titik lebur normal		Panas Peleburan kal g ⁻¹	Titik didih normal		Panas penguapan kal g ⁻¹
	°K	°C		°K	°C	
Air	273,15	0,00	79,7	373,15	100,00	539
Antimon	903,65	630,50	39,4	1713	1440	134
Belerang	392	119	9,1	717,75	444,60	78
Emas	1336,15	1063,00	15,4	2933	2660	377
Etil alcohol	159	-114	24,9	351	78	204
Helium	3,5	-269,65	1,25	4,216	-268,93	5
Hidrogen	13,84	-259,31	14	20,26	-252,89	108
Nitrogen	63,18	-209,97	6,09	77,34	-195,81	48
Oksigen	54,36	-218,79	3,30	90,18	-182,97	51
Perak	1233,95	960,80	21,1	2466	2193	558
Raksa	234	-39	2,82	630	357	65
Tembaga	1356	1083	32	1460	1187	1211
Timbal	600,6	327,3	5,86	2023	1750	208

Sumber: sears Zemansky, Fisika untuk universitas I, Binacipta, Bandung, 1991, Halaman 384

Lampiran 2

Tabel 2

Sifat-sifat logam

Logam	Sifat-sifat pada 20°C				Konduktivitas thermal k, W/m. °C									
	ρ kg/m ³	Cp, kJ/kg°C	k, w/m.°C	α, m ² /sx 10 ⁵	-100°C -148°F	0°C 32°C	100°C 212°F	200°C 392°F	300°C 572°F	400°C 752°F	600°C 1112°F	800°C 1472°F	1000°C 1832°F	1200°C 2192°F
Aluminium Murni	2.707	0.896	204	8.418	215	202	206	215	228	249				
Al.-Cu(Duralumin) 94-96%Al,3-5%Cu, rumut Mg	2.787	0.883	164	6.676	126	159	182	194						
Al-Si(Silumin mengandung tembaga) 86,5%Al 1%Cu	2.659	0.867	137	5.933	119	137	144	152	161					
Al-Si(Alusil) 78-80%Al 20-22%Si	2.627	0.854	161	7.172	144	157	168	175	178					
Al-Mg-Si,97%Al, 1% Mg,1% Si, 1% Mn	2.707	0.892	177	7.311		175	189	204						
Timbal	11.373	0.130	35	2.343	36.9	35.1	33.4	31.5	29.8					
Besi:														
Murni	7.897	0.452	73	2.034	87	73	67	62	55	48	40	36	35	36
Besi Tempa,0.5%C	7.849	0.46	59	1.626		59	57	52	48	45	36	33	33	33
Baja Cmaks≈1,5%)														
Baja karbon C ≈ 0,5 %	7.833	0.465	54	1.474		55	52	48	45	42	35	31	29	31
1,0 %	7.801	0.473	43	1.172		43	43	42	40	36	33	29	28	29
1,5 %	7.753	0.486	36	0.970		36	36	36	35	33	31	28	28	29
Baja nikel Ni ≈ 0%	7.897	0.452	73	2.026										
20%	7.933	0.46	19	0.526										

menggunakan SI

Sumber: J.P. Holman. *Perpindahan Kalor*, Erlangga, Jakarta, 1991, Halaman 581

Lampiran 3

Tabel 3
Sifat-sifat udara pada atmosfer

T, K	ρ 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 x 10 ⁴	Pr
100	3.6010	1.0266	0.6924	1.923	0.009246	0.02501	0.770
150	2.3675	1.0099	1.0283	4.343	0.013735	0.05745	0.753
200	1.7684	1.0061	1.3289	7.490	0.01809	0.10165	0.739
250	1.4128	1.0053	1.5990	11.31	0.02227	0.15675	0.722
300	1.1774	1.0057	1.8462	15.69	0.02624	0.22160	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	99.3	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
1100	0.3204	1.160	4.44	138.6	0.0732	1.969	0.704
1200	0.2947	1.179	4.69	159.1	0.0782	2.251	0.707
1300	0.2707	1.197	4.93	182.1	0.0837	2.583	0.705
1400	0.2515	1.214	5.17	205.5	0.0891	2.920	0.705
1500	0.2355	1.230	5.40	229.1	0.0946	3.262	0.705
1600	0.2211	1.248	5.63	254.5	0.100	3.609	0.705
1700	0.2082	1.267	5.85	280.5	0.105	3.977	0.705
1800	0.1970	1.287	6.07	308.1	0.111	4.379	0.704
1900	0.1858	1.309	6.29	338.5	0.117	4.811	0.704
2000	0.1762	1.338	6.50	369.0	0.124	5.260	0.702
2100	0.1682	1.372	6.72	399.6	0.131	5.715	0.700
2200	0.1602	1.419	6.93	432.6	0.139	6.120	0.707
2300	0.1538	1.482	7.14	464.0	0.149	6.540	0.710
2400	0.1458	1.574	7.35	504.0	0.161	7.020	0.718
2500	0.1394	1.688	7.57	543.5	0.175	7.441	0.730

Sumber: J.P. Holman, Perpindahan Kalor, Erlangga, Jakarta, 1991, Halaman 589.

Lampiran 4

Tabel 4
Konduktivitas thermal berbagai bahan

<i>Konduktivitas Thermal</i>		
Bahan	W/m.°C	Btu.h.ft.°F
<i>Logam</i>		
Perak (murni)	410	237
Temaga (murni)	385	223
Aluminium (murni)	202	117
Nikel (murni)	93	54
Besi (murni)	73	42
Baja karbon, 1%C	43	25
Timbal (murni)	35	20,3
Baja krom-nikel (18%Cr, 8% Ni)	16,3	9,4
<i>Bukan logam</i>		
Kuarsa (sejajar sumbu)	41,6	24
Magnesit	4,15	2,4
Marmar	2,08-2,94	1,2-1,7
Batu pasir	1,83	1,06
Kaca jendela	0,78	0,45
Kayu maple atau ek	0,17	0,096
Serbuk gergaji	0,059	0,034
Wol kaca	0,038	0,022
<i>Zat cair</i>		
Air-raksa	8,21	4,74
Air	0,556	0,327
Amonia	0,540	0,312
Minyak lumas, SAE 50	0,147	0,085
Freon 12, CCl ₂ F ₂	0,073	0,042
<i>Gas</i>		
Hidrogen	0,175	0,101
Helium	0,141	0,081
Udara	0,024	0,0139
Uap air (jenuh)	0,0206	0,0119
Karbon dioksida	0,0146	0,00844

Sumber: J.P. Holman, Perpindahan Kalor, Erlangga, Jakarta, 1991, Halaman 7

Lampiran 5

Tabel 5
Nilai kira-kira koefisien kalor konveksi

<i>Modus</i>	<i>hc</i>	
	W/m ² . °C	Btu/h.ft. °F
Konveksi bebas, $\Delta T=30^{\circ}\text{C}$		
Plat vertical, tinggi 0,3 m(1 ft) di udara	4,5	0,79
Silinder horizontal, diameter 5 cm diudara	6,5	1,14
Silinder horizontal, diameter 2 cm, dalam air	890	157
Konveksi paksa		
Aliran udara 2 m/s diatas plat bujur sangkar 0,2 m	12	2,1
Aliran udara 35 m/s diatas plat bujur sangkar 0,75 m	75	13,2
Udara 2 atm mengalir didalam tabung diameter 2,5 cm,kecepatan 10 m/s	65	11,4
Air 0,5 kg/s mengalir di dalam tabung 2,5 cm	3500	616
Aliran uadar melintas silinder diameter 5 cm, kecepatan 50 m/s	180	32
Air mendidih		
Dalam kolam atau bejana	2500-35.000	440-6200
Mengalir dalam pipa	5000-100.000	880-17.600
Pengembunan uap air, 1 atm		
Muka vertical	4000-11.300	700-2000
Diluar tabung horisontal	9500-25.000	1700-4400

Sumber: J.P. Holman, Perpindahan Kalor, Erlangga, Jakarta, 1991, Halaman 12

Lampiran 6

Tabel 6

Nilai kira-kira koefisien perpindahan kalor menyeluruh

<i>Situasi fisis</i>	<i>U</i>	
	<i>Btu/h.ft².°F</i>	<i>W/m².°C</i>
Dinding luar bata, bagian dalam plester, tanpa isolasi	0,45	2,55
Dinding luar kayu, bagian dalam plester:		
Tanpa isolasi	0,25	1,42
Dengan isolasi wol batuan	0,07	0,4
Jendela kaca lempeng	1,10	6,2
Jendela kaca lempeng rangkap dua	0,40	2,3
Kondensor uap	200-1000	1100-5600
Pemanas air umpan	200-1500	1100-8500
Kondensor freon 12 dengan mesin pendingin air	50-150	280-850
Penukar kalor air-ke-air	150-300	850-1700
Penukar kalor tabung bersirip, air didalam tabung, udara melintas tabung	5-10	25-55
Penukar kalor air-ke-minyak	20-60	110-350
Uap ke minyak bakar ringan	30-60	170-340
Uap ke minyak bakar berat	10-30	56-170
Uap ke minyak tanah atau bensin	50-200	280-1140
Penukar kalor tabung bersirip, uap didalam tabung, udara melintas tabung	5-50	28-280
Kondensor amonia, air di dalam tabung	150-250	850-1400
Kondensor alkohol, air di dalam tabung	45-120	255-680
Penukar kalor gas-ke-gas	2-8	10-40

Sumber: J.P. Holman, *Perpindahan Kalor*, Erlangga, Jakarta, Halaman 482