

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Kayu Jati Belanda (pinus)

Kayu jati belanda merupakan jenis kayu yang banyak digunakan oleh perusahaan eksport-import barang dari luar negeri seperti perusahaan otomotif, perusahaan elektronik, dll (Kurniawan). Biasanya barang tersebut di packing dengan peti/pallet kayu. Kayu palet/jati belanda yang biasa disebut sesungguhnya adalah berasal dari kayu pinus eropa. Kayu pinus eropa memiliki lebih dari 20 jenis dengan nama species yang berbeda. Namun pada prinsipnya ada 2 (dua) jenis kayu pinus yang sering digunakan dan secara umum dikenal memiliki kualitas yang baik, yaitu Pinus Radiata dan Pinus Merkusii.

Kayu pinus berwarna coklat kekuning-kuningan muda dengan berat jenis rata-rata 0,55 dan termasuk kelas kuat III serta kelas awet. Pada umumnya batang kayu pinus berbentuk bulat dan lurus dengan warna kulit berwarna coklat tua, kasar, berakar dalam dan menyerpih dalam kepingan panjang. Menurut (Iswanto, 2008) kayu pinus memiliki densitas kayu bias mencapai 565-750 kg/m³ pada MC 12%, serat kayu bercorak lurus dan sama rata antara kayu gubal dan teras.



Gambar 2.1 Bahan Pengujian Jenis Pinus

2.2 Kayu Sengon

Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria*) adalah salah satu jenis kayu khas dari daerah tropis dan merupakan jenis pohon yang mempunyai masa pertumbuhan yang cepat jika dibandingkan dengan pohon tropis lainnya seperti pohon mahoni ataupun jati. Pohon sengon sudah bisa dipanen atau ditebang pada saat usia 5 tahun.

Kayu sengon memiliki berat jenis sebesar 0.41 gr/cm^3 dan termasuk dalam kelas IV-V. Nilai MOE dan MOR kayu solidnya masing masing sebesar 5700MPa dan 39,33Mpa



Gambar 2.2 Bahan Pengujian Jenis Sengon

2.3 Bahan pengemasan kayu (*Wood Packing Material*)

Kemasan kayu digunakan untuk mempermudah penyusunan barang di dalam kontainer dan agar mudah diangkat dengan forlift.

Kemasan kayu terdiri dari beberapa jenis, diantaranya, (Suyono, 2005:164):

1. Palet

Pallet dapat di bedakan menjadi 2 jenis : jenis pallet sesuai dengan bentuknya dan jenis pallet sesuai dengan cara handling.

A. Sesuai dengan bentuknya, pallet dibagi menjadi :

- Single Face : jenis ini hanya menggunakan satu permukaan saja untuk muatannya

- Double Face : jenis ini menggunakan dua permukaan secara berganti pada muatan.

B. Sesuai dengan handlingnya yang menggunakan forklift, pallet dibagi menjadi dua, yaitu :

- Two Ways : pada jenis ini alat angkut atau forklift dapat mengangkat pallet dari dua sisi
- Four Ways : pada jenis ini forklift dapat mengangkat pallet dari empat sisi

2. Peti

Bentuk kemasan kayu ini mirip seperti box (kotak kayu) tetapi tidak tertutup dan cenderung ber-rongga, kemasan seperti ini untuk memudahkan pengemasan barang dengan ukuran besar dan hemat bahan baku.

3. Kotak kayu

Kemasan kayu dengan bentuk box dipergunakan untuk barang yang rawan terhadap guncangan, goresan, atau gerakan yang dapat merusak barang. Kemasan ini sangat aman tetapi lebih banyak membutuhkan bahan baku.

4. Kayu pengganjal

Kayu pengganjal bukan termasuk bentuk kemasan kayu, tetapi hanya kayu pengganjal untuk memudahkan dalam menyusun barang agar tidak mudah terguncang ketika dalam perjalanan. Kayu pengganjal juga termasuk bahan pengemasan kayu yang mendapat perlakuan sesuai standar ISPM#15.

2.4 Pengertian (ISPM)

International Standard For Phytosanitary Measures (ISPM) adalah standar internasional untuk tindakan phytosanitary yang disusun oleh International Plant

Protection Convention(IPPC) sebagai bagian dari Food And Agriculture Organization (FAO) berupa program global mengenai kebijakan dan bantuan teknis untuk tanaman karantina. Program ini tersedia untuk anggota FAO dan pihak lain yang berkepentingan. Standar, pedoman dan rekomendasi ini untuk mencapai harmonisasi internasional mengenai tindakan phytosanitary, dengan tujuan untuk memfasilitasi perdagangan dan menghindari penggunaan langkah-langkah yang tidak dapat dijustifikasi sebagai penghalang untuk berdagang (FAO,2013).

Tabel 2.1 Jenis-jenis *International Standard For Phytosanitary Measures* (ISPM)

No	Jenis Jenis ISPM	Keterangan
1	ISPM#1	Mengenai prinsip-prinsip phytosanitary untuk melindungi tanaman dan penerapan tindakan phytosanitary dalam perdagangan internasional.
2	ISPM#2	Mengenai kerangka untuk analisis risiko hama.
3	ISPM#3	Pedoman untuk ekspor, pengapalan, impor, dan pelepasan agen pengendalian biologis dan organisme menguntungkan lainnya
4	ISPM#4	Persyaratan pembentukan daerah bebas hama.
5	ISPM#5	Mengatur daftar istilah-istilah tentang phytosanitary.
6	ISPM#6	Panduan untuk surveillance / pengawasan.
7	ISPM#7	Panduan mengenai sistem sertifikasi ekspor.

8	ISPM#8	Penentuan status hama disebuah daerah.
9	ISPM#9	Pedoman pemberantasan hama.
10	ISPM#10	Persyaratan untuk pendirian tempat-tempat yang bebas hama produksi dan daerah bebas hama.
11	ISPM#11	Analisis resiko hama karantina, termasuk analisis resiko lingkungan dan organisme pengubah kehidupan.
12	ISPM#12	Panduan untuk sertifikasi phytosanitary.
13	ISPM#13	Pedoman pemberitahuan non-permohonan dan tindakan darurat.
14	ISPM#14	Penggunaan langkah-langkah terpadu dalam pendekatan sistem untuk manajemen resiko hama.
15	ISPM#15	Panduan untuk mengatur material kemasan kayu dalam perdagangan internasional.
16	ISPM#16	Pengaturan hama non-karantina : konsep dan aplikasi.
17	ISPM#17	Melaporkan hama atau Organisme Pengganggu Tumbuhan.
18	ISPM#18	Pedoman menggunakan radiasi / penyinaran sebagai ukuran phytosanitary.
19	ISPM#19	Pedoman dalam daftar hama yang diatur.
20	ISPM#20	Panduan untuk phytosanitary yang berkaitan dengan sistem impor.

21	ISPM#21	Analisis resiko hama untuk hama non-karantina yang diatur.
22	ISPM#22	Persyaratan untuk pembentukan daerah-daerah secara merata yang rendah hama.
23	ISPM#23	Panduan untuk inspeksi.
24	ISPM#24	Pedoman untuk penentuan dan pengakuan kesetaraan tindakan phytosanitary.
25	ISPM#25	Pedoman pengiriman barang kemasan dalam transit.
26	ISPM#26	Pembentukan daerah bebas hama lalat buah (Tephritidae).
27	ISPM#27	Diagnosa protokol untuk mengatur hama.
28	ISPM#28	Perlakuan phytosanitary untuk hama yang diatur.
29	ISPM#29	Pengakuan daerah bebas hama dan daerah dengan tingkat hama rendah.
30	ISPM#30	Pembentukan daerah dengan tingkat hama rendah untuk lalat buah.
31	ISPM#31	Metodologi untuk sampling kiriman.
32	ISPM#32	Kategorisasi komoditas menurut resiko hama.

2.5 Standarisasi Bahan Pengemasan Kayu sesuai ISPM#15

Dalam pembuatan Bahan pengemasan kayu terdapat standarisasi yang mengacu pada standar ISPM NO.15 (*Internasional Standard For phytosanitary Measures*) yang berisikan tentang material kayu sebagai material pengepakan, penyangga, pelindung dan pembungkus dalam perdagangan *international*, yang mengatur tata cara prosedur *ekspor, impor* maupun yang di lalu lintaskan antar area. Standard pengaturan *phytosanitary* yang telah dipublikasikan tersebut bertujuan untuk mengurangi resiko pemasukan Organisme Pengganggu Tumbuhan (OPT) yang berasosiasi dengan materi kayu sebagai pembungkus termasuk penerapan kayu penyangga (*dunnage*) yang terbuat dari bahan kayu (*coniferous*) atau bagian tumbuhan lainnya (*raw wood*) termasuk pula wood packaging material yaitu kayu atau produk asal kayu produk kertas yang digunakan untuk menunjang, melindungi atau pembungkus komoditas termasuk penyangga kayu (*dunnage*). Tetapi tidak termasuk kemasan kayu yang terbuat dari kayu yang telah diproses sedemikian rupa sehingga bebas dari hama misalnya kayu lapis (FAO, 2013).

Ada beberapa persyaratan untuk memenuhi standarisasi pembuatan bahan pengemasan kayu yaitu sebagai berikut :

1. Harus terhindar dari pepagan / kulit kayu

Kayu yang digunakan harus terhindar dari pepagan / kulit kayu. Apabila masih terdapat kulit kayu pada kayu, maka kulit kayu harus di potong terlebih dahulu agar dapat diproses menjadi sebuah kemasan kayu.

2. Harus terhindar dari jamur

Untuk membuat sebuah kemasan kayu dibutuhkan kayu yang berkualitas baik dan terhindar dari jamur. Hal ini disebabkan untuk mencegah

pembusukan kemasan kayu dan agar sesuai dengan standar ISPM No. 15 yang telah ditentukan. Oleh karena itu, sebelum dilakukan proses produksi, kayu harus diperiksa secara teliti terkait ada atau tidaknya jamur yang melekat pada kayu.

3. Harus terhindar dari kotoran

Kayu yang digunakan harus terhindar dari kotoran. Jika terdapat kotoran yang melekat pada kayu, maka kayu harus dibersihkan terlebih dahulu. Setelah dibersihkan maka kayu bisa diolah untuk menjadi sebuah kemasan kayu.

4. Harus terhindar dari hama / serangga

Kayu yang digunakan untuk membuat kemasan kayu harus terhindar dari hama / serangga. Hal ini disebabkan untuk memperpanjang umur pakai kayu sehingga kayu tidak mudah rapuh atau keropos.

2.6 Pengertian pengeringan

Pengeringan merupakan proses pemindahan panas dan uap air secara simultan, yang memerlukan energi panas untuk menguapkan kandungan air yang dipindahkan dari permukaan bahan yang dikeringkan oleh media pengering yang biasanya berupa panas. Pengeringan adalah proses pengeluaran air atau pemisahan air dalam jumlah yang relative kecil dari bahan dengan menggunakan energi panas. Hasil dari proses pengeringan adalah bahan kering yang mempunyai kadar air setara dengan kadar air keseimbangan udara (atmosfir) normal atau setara dengan aktivitas air (aw) yang aman dari kerusakan mikrobiologis, enzimatik dan kimiawi. (koko arteta.2012)

2.7 Pengertian Pengeringan kayu umum

Pengeringan kayu merupakan sebuah proses pengeluaran air dari dalam kayu hingga mencapai kadar air yang seimbang dengan lingkungan dimana kayu akan digunakan tanpa menurunkan kualitas kayu tersebut.

Menurut (Basri, 2012) terdapat beberapa keuntungan utama mengeringkan kayu sebelum dijadikan produk, antara lain :

1. Membebaskan kayu dari serangan jamur.
2. Menstabilkan dimensi kayu, sehingga kayu tidak akan lagi mengalami perubahan bentuk, retak maupun pecah.
3. Menjadikan warna kayu lebih cerah/terang.
4. Rendaman produk berkualitas baik meningkat.
5. Memudahkan kayu untuk dicat dan dipelitur (finishing).

Tiga syarat utama yang harus dipenuhi dalam mengeringkan kayu, yaitu:

1. Cukup energi panas yang digunakan untuk memanaskan/menguapkan air dari dalam kayu, terutama pada kayu yang kadar airnya sudah mencapai 30 %. Untuk mengeringkan kayu tersebut hingga ke kadar air di bawah 15 % memerlukan penambahan panas.
2. Cukup kelembaban Kelembaban ini disesuaikan dengan tingkat kadar air kayu.
3. Sirkulasi udara Sirkulasi udara yang baik dapat menghantarkan panas secara merata mengenai seluruh permukaan kayu dari setiap tumpukan. Makin cepat peredaran udara semakin cepat kayu mengering dan semakin merata tingkat kekeringannya. Sirkulasi udara yang normal untuk pengeringan adalah 2 m/detik.

2.8 Pengertian Oven

Oven adalah merupakan seperangkat mesin pengering sebagai pengganti sinar matahari dalam pengeringan suatu produk. Sistem kerja mesin oven pengering ini adalah mengeringkan produk pada suhu yang di hendaki (suhu bisa diatur secara konstant). Sistem pengering mesin ini dengan menggunakan aliran udara panas dengan kecepatan tinggi, dengan bantuan exhaust blower udara jenuh terhisap dan mengalir keluar. Sistem pengeringan dengan mesin pengering ini disebut pengeringan dengan pemanas buatan (*artificial drying*).

Pengeringan dengan pemanas buatan mempunyai beberapa tipe alat dimana pindah panas berlangsung secara konduksi atau konveksi, meskipun beberapa dapat pula dengan cara radiasi. Alat pengering dengan perpindahan panas secara konveksi pada umumnya menggunakan udara panas yang dialirkan , sehingga energi panas merata ke seluruh bahan. Alat pengering dengan perpindahan panas secara konduksi pada umumnya menggunakan permukaan padat sebagai penghantar panasnya. (Subandi, Suparman, Sukiyadi, agustus 2015).

2.9 Elemen / Heater

Electrical Heating Element (elemen pemanas listrik) banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari, baik di dalam rumah tangga ataupun peralatan dan mesin industry. Bentuk dan type dari Electrical Heating Element ini bermacam macam disesuaikan dengan fungsi, tempat pemasangan dan media yang akan di panaskan. Panas yang dihasilkan oleh elemen pemanasan listrik ini bersumber dari kawat ataupun pita bertahanan listrik tinggi (Resistance Wire). Biasanya bahan yang digunakan adalah niklin yang di aliri arus listrik pada kedua ujungnya dan

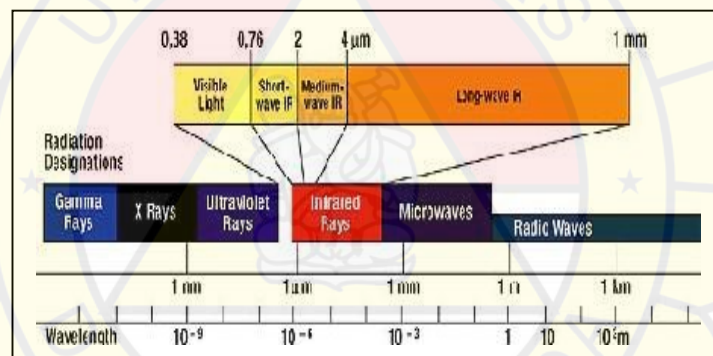
dilapisi oleh isolator listrik yang mampu meneruskan panas dengan baik hingga aman jika digunakan. (Tri Utami, 2014)

2.10 Infrared Heater

Salah satu jenis heater adalah jenis heater infrared heater. Heater jenis ini menggunakan gelombang infra merah untuk memanaskan area yang ada disekelilingnya. Pemanas ruangan model ini disebut-sebut lebih hemat energi serta ramah lingkungan dibandingkan dengan pemanas ruangan yang konvensional.

2.10.1 Prinsip Dasar Infrared Heater

Gelombang inframerah merupakan bagian dari spektrum elektromagnetik bersama gelombang lainnya seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.3 Gelombang elektromagnetik Spektrum

Energi IRh adalah suatu bentuk energi elektromagnetik. Hal ini di karenakan IRh sebagai gelombang yang menembus target dan kemudian diubah menjadi panas. Radiasi inframerah diklasifikasikan sebagai daerah panjang gelombang antara cahaya tampak (0,4 - 400 μm). Panjang gelombang di mana radiasi maksimum dari pemanas terjadi (panjang gelombang puncak) ditentukan oleh suhu pemanas. Hubungan ini dijelaskan oleh hukum dasar untuk radiasi hitam.

Hukum Perpindahan Wien menyatakan bahwa distribusi panjang gelombang energi radiasi panas dari blackbody pada suatu suhu memiliki bentuk dasar yang sama seperti distribusi pada setiap suhu lainnya.

2.11 Kadar Air

Kadar air adalah sejumlah air yang terkandung di dalam suatu benda, seperti tanah (yang disebut juga kelembaban tanah), bebatuan, bahan pertanian, dan sebagainya. Kadar air digunakan secara luas dalam bidang ilmiah dan teknik dan diekspresikan dalam rasio, dari 0 (kering total) hingga nilai jenuh air di mana semua pori terisi air. Nilainya bisa secara volumetrik ataupun gravimetrik (massa), basis basah maupun basis kering. (Kristina, 2018).

Tabrani (1997), menyatakan bahwa kadar air merupakan pemegang peranan penting, kecuali temperatur maka aktivitas air mempunyai tempat tersendiri dalam proses pembusukan dan ketengikan. Kerusakan bahan makanan pada umumnya merupakan proses mikrobiologis, kimiawi, enzimatis atau kombinasi antara ketiganya. Berlangsungnya ketiga proses tersebut memerlukan air dimana kini telah diketahui bahwa hanya air bebas yang dapat membantu berlangsungnya proses tersebut. Berat kayu kering ditentukan setelah kayu basah dikeringkan dengan oven pada suhu 100°C selama 48 jam.

Berdasarkan keterangan di atas diperlukan perhitungan untuk mengetahui berapa persentasi kandungan air di dalam kayu setelah pengeringan. Penyusutan Kadar air merupakan perbandingan antara kadar air bahan awal dengan kadar air yang dikeringkan, dalam proses pengeringan nilai Penyusutan kadar air dapat dinyatakan dengan persamaan rumus 2.1 sebagai berikut :

$$PA = 100 - \left(\frac{100 - KA_{awal}}{100 - KA_{akhir}} \right) \times 100\% \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

PA = Penyusutan Kadar Air (%)

KA.awal = Kadar air awal

KA.akhir = Kadar air akhir

2.12 Pengaruh suhu pada proses pengeringan

Laju penguapan air bahan dalam pengeringan sangat ditentukan oleh kenaikan suhu. Semakin besar perbedaan antara suhu media pemanas dengan bahan yang dikeringkan, semakin besar pula kecepatan pindah panas ke dalam bahan pangan, sehingga penguapan air dari bahan akan lebih banyak dan cepat.

Makin tinggi suhu dan kecepatan aliran udara pengering makin cepat pula proses pengeringan berlangsung. Makin tinggi suhu udara pengering makin besar energi panas yang dibawa udara sehingga makin banyak jumlah massa cairan yang diuapkan dari permukaan bahan yang di keringkan. Jika kecepatan aliran udara pengering makin tinggi maka makin cepat pula massa uap air yang dipindahkan dari bahan ke atmosfer.

Semakin tinggi suhu yang digunakan untuk pengering, makin tinggi energi yang disuplai dan makin cepat laju pengeringan akan tetapi pengeringan yang terlalu cepat dapat merusak bahan, yakni permukaan bahan terlalu cepat kering, sehingga tidak sebanding dengan kecepatan pergerakan air bahan ke permukaan. Hal ini menyebabkan pengerasan permukaan bahan. Selanjutnya air dalam bahan tidak dapat lagi menguap karena terhalang di samping itu penggunaan suhu yang terlalu tinggi dapat merusak daya fisiologik biji-bijian/benih.

Pengeringan bahan hasil pertanian menggunakan aliran udara pengering yang baik adalah antara 45°C sampai 75°C pengeringan pada suhu dibawah 45°C

mikroba dan jamur yang merusak produk masih hidup, sehingga daya awet dan mutu produk rendah. Namun pada suhu udara pengering di atas 75°C menyebabkan struktur kimiawi dan fisik produk rusak, karena perpindahan panas dan massa air yang berdampak perubahan struktur sel (Setiyo,2003).

2.13 Laju Pengeringan Dalam Kayu

Menurut penelitian, Henderson dan perry (1995) dalam proses pengeringan mempunyai 2 periode utama yakni, periode pengeringan dengan laju tetap dan periode pengeringan dengan laju menurun. Dari kedua periode tersebut yang membatasinya adalah kadar air kritis (*critical moisture content*)

Pada periode pengeringan laju tetap ini cukup banyak mengandung air pada bahan, pada saat proses pengeringan berlangsung permukaan bahan menguap dan lajunya dapat disamakan dengan laju penguapan pada permukaan bahan menguap dan lajunya dapat disamakan dengan laju penguapan pada permukaan air bebas. Dari laju penguapan tersebut besarnya di lihat dari keadaan sekeliling bahan. Sedangkan pengaruh dari bahannya tersebut cukup kecil.

Saat proses pengeringan laju pengeringan akan terus menurun dengan kadar air. Kandungan air yang terikat akan semakin berkurang. Perubahan dari laju pengeringan tetap menjadi laju pengeringan menurun untuk bahan yang berbeda akan terjadi pada kadar air yang berbeda juga. Pada periode laju pengeringan menurun, lapisan partikel bahan yang dikeringkan tidak akan ditutupi lagi oleh lapisan air. Dalam periode laju pengeringan menurun, energy panas yang didapatkan oleh bahan dan digunakan untuk menguapkan air bebas yang tersisa sedikit sekali jumlahnya.

Setelah laju pengeringan konstan maka terjadilah laju pengeringan menurun, apabila kadar air lebih kecil dari pada kadar air kritis. Ada dua proses dalam periode pengeringan menurun, yakni : perpindahan dari dalam menuju permukaan dan perpindahan uap air dari permukaan barang menuju udara sekelilingnya.

Berikut ini rumus menghitung laju pengeringan pada persamaan 2.2 :

$$M = \frac{M_0 - M_t}{\Delta t} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana =

M = laju pengeringan ()

M_0 = Kadar Air produk pertama yang dikeringkan

M_t = Kadar Air terakhir produk yang dikeringkan

Δt = waktu selang pengeringan (d)

2.14 Efisiensi Pengeringan Kayu

Efisiensi pengeringan memiliki arti yang sangat penting untuk efektifitas kerja dari alat pengering yang akan dibuat maupun digunakan. Efisiensi pengeringan diindikasikan sebagai perbandingan kalor yang akan dipakai untuk proses penguapan kandungan air dari peti kemas kayu terhadap energi element heater yang tiba didalam ruang oven kayu. Dalam perhitungan ini berlaku rumus seperti pada persamaan 2.3 berikut :

$$Q_{input} = \frac{k.A.\Delta T}{L} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

K = Koefisien konduksi termal kayu (0,50 w/m/k)

A = Luas permukaan benda (m^2)

ΔT = Total suhu selama pengeringan berlangsung ($^{\circ}C$)

L = Panjang benda (m)

$$Q_{\text{output}} = P \cdot \Delta T$$

Keterangan :

P = Daya sumber pemanas (Watt)

ΔT = Waktu yang digunakan selama pengeringan (s)

Dalam perhitungan efisiensi pengeringan berlaku rumus seperti pada persamaan 2.4 berikut :

$$N_p = \frac{Q_{\text{input}}}{Q_{\text{output}}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

N_p = Efisiensi pengeringan (%)

Q_{input} = Energi panas yang diserap oleh benda (kj/s)

Q_{output} = Energi yang digunakan selama proses pengeringan (kj/s)

2.15 Perpindahan Panas (*Heat Transfer*)

Perpindahan panas merupakan ilmu untuk meramalkan perpindahan energi dalam bentuk panas yang terjadi karena adanya perbedaan suhu diantara benda atau material. Dalam proses perpindahan energi tersebut tentu ada kecepatan perpindahan panas yang terjadi, atau yang lebih dikenal dengan laju perpindahan panas. Maka ilmu perpindahan panas juga merupakan ilmu untuk meramalkan laju perpindahan panas yang terjadi pada kondisi-kondisi tertentu. Perpindahan kalor dapat didefinisikan sebagai suatu proses berpindahnya suatu energi (kalor) dari satu daerah ke daerah lain akibat adanya perbedaan temperatur pada daerah tersebut.

Ada tiga bentuk mekanisme perpindahan panas yang diketahui, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. (Z Muttaqin,2012)

2.15.1 Perpindahan Kalor Secara Konduksi

Perpindahan kalor secara konduksi adalah proses perpindahan kalor dimana kalor mengalir dari daerah yang bertemperatur tinggi ke daerah yang bertemperatur rendah dalam suatu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung sehingga terjadi pertukaran energi dan momentum.

Laju perpindahan panas yang terjadi pada perpindahan panas konduksi adalah berbanding dengan gradien suhu normal sesuai dengan persamaan berikut. Rumus umum perhitungan perpindahan kalor secara konduksi dapat dihitung menggunakan persamaan 2.5 berikut :

$$Q = -kA \frac{\Delta T}{x} \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan :

Q = Laju Perpindahan Panas (kj / det,W)

k = Konduktifitas (W/m.°C)

A = luasan perpindahan panas arah normal Q (m²)

T = Temperatur (°C)

X = Ketebalan bahan (m)

2.15.2 Perpindahan Kalor Sacara Konveksi

Konveksi adalah perpindahan panas karena adanya gerakan/aliran/ pencampuran dari bagian panas ke bagian yang dingin. Contohnya adalah kehilangan panas dari radiator mobil, pendinginan dari secangkir kopi dll. Menurut

cara menggerakkan alirannya, perpindahan panas konveksi diklasifikasikan menjadi dua, yakni konveksi bebas (*free convection*) dan konveksi paksa (*forced convection*). Bila gerakan fluida disebabkan karena adanya perbedaan kerapatan karena perbedaan suhu, maka perpindahan 9 panasnya disebut sebagai konveksi bebas (*free / natural convection*). Bila gerakan fluida disebabkan oleh gaya pemaksa / eksitasi dari luar, misalkan dengan pompa atau kipas yang menggerakkan fluida sehingga fluida mengalir di atas permukaan, maka perpindahan panasnya disebut sebagai konveksi paksa (*forced convection*).

Rumus umum perhitungan perpindahan panas secara konveksi dapat dihitung menggunakan persamaan 2.6 berikut :

$$Q = h \cdot A \cdot (T_{\infty} - T_w) \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

Q = laju perpindahan panas (Watt)

H = koefisien perpindahan panas (W/m² °C)

A = luasan perpindahan panas arah normal Q (m²)

Tw = temperature permukaan benda (°C)

T_∞ = tremperatur fluida (°C)

2.15.3 Perpindahan Panas Secara Radiasi

Perpindahan panas radiasi adalah proses di mana panas mengalir dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah bila benda-benda itu terpisah di dalam ruang, bahkan jika terdapat ruang hampa di antara benda - benda tersebut. Energi radiasi dikeluarkan oleh benda karena temperatur, yang dipindahkan melalui

ruang antara, dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Bila energi radiasi menimpa suatu bahan, maka sebagian radiasi dipantulkan, sebagian diserap dan sebagian diteruskan. Rumus umum perhitungan perpindahan panas secara konveksi dapat dihitung menggunakan persamaan 2.7 berikut :

$$Q_{\text{pancaran}} = \sigma AT^4 \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan :

Q = laju perpindahan panas (W)

σ = konstanta boltzman ($5,669 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$)

A = luas permukaan benda (m^2)

T = suhu absolut benda ($^{\circ}\text{C}$)

