

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Bernadin (1997) meneliti pengaruh bilangan Weber terhadap dinamika tumbukan *droplet* pada permukaan aluminium yang dipanaskan. Temperatur permukaan divariasikan antara 100-280°C. Berdasarkan hasil eksperimen ini, dibuat peta pola tumbukan (*impact regime maps*) sebagai proses perubahan yang terjadi pada *droplet* untuk bilangan Weber 20, 60, dan 220. Dari penelitian ini diketahui bahwa bilangan Weber memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap karakteristik *spreading factor* dan keutuhan *droplet* ketika bertumbukan.

Bernadin (2007) meneliti tumbukan sebuah *droplet* pada permukaan padat yang dipanaskan, dimana dari hasil penelitian tersebut diperoleh karakteristik perpindahan kalor pada *droplet* tunggal yang kemudian digunakan untuk memprediksi karakteristik perpindahan kalor secara menyeluruh pada proses *spraying*.

Jayaningrat (2010) meneliti tentang *droplet* yang Menimpa Permukaan Panas Aluminium dan Tembaga pada Bilangan Weber Rendah. Dalam penelitiannya diperoleh kesimpulan bahwa Temperatur permukaan mempengaruhi karakteristik tumbukan *droplet* dan pola pendidihannya, Sedangkan bilangan Weber mempengaruhi diameter penjaralan *droplet* dan waktu evaporasi.

Indrawan (2011) meneliti tentang pengaruh temperatur permukaan baja dan ketinggian jatuh *droplet* terhadap karakteristik perpindahan kalor. Dari penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi pemasangan *droplet*, maka bilangan Weber juga semakin meningkat. Akibatnya diameter tumbukan yang dihasilkan semakin besar sehingga laju perpindahan kalor dan perpindahan kalor total meningkat sedangkan waktu evaporasi menurun. Namun untuk temperatur 120°C-240°C yang terjadi adalah sebaliknya.

2.2 Kalor

Kalor adalah energi panas yang dimiliki oleh suatu zat. Kalor berpindah dari suhu tinggi ke suhu rendah. Akan tetapi, gaya dorong untuk aliran ini adalah perbedaan suhu. Bila sesuatu benda ingin dipanaskan, maka harus dimiliki sesuatu benda lain yang lebih panas, demikian pula halnya jika ingin mendinginkan sesuatu, diperlukan benda lain yang lebih dingin. Kalor adalah energi yang dipindahkan akibat adanya perbedaan temperatur.

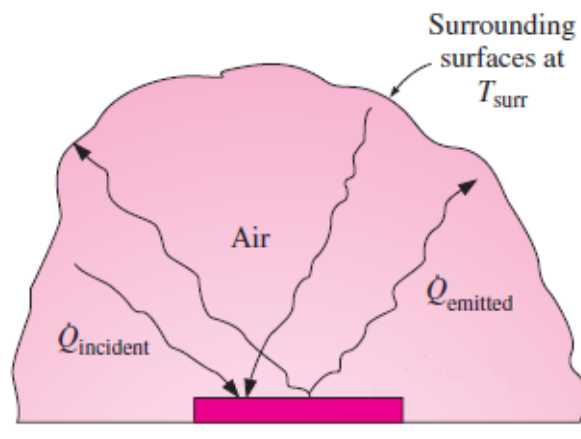
Hukum kekekalan energi menyatakan bahwa energi tidak musnah yaitu seperti asas hukum yang lain, contohnya hukum kekekalan massa dan momentum, ini artinya kalor tidak hilang. Energi hanya berubah bentuk dari bentuk yang pertama ke bentuk yang ke dua. Bila diperhatikan misalnya jumlah energi kalor api unggun kayu yang ditumpukkan, semua ini menyimpan sejumlah energi dalam yang ditandai dengan kuantitas yang lazim disebut muatan kalor bahan. Apabila api dinyalakan, energi termal yang tersimpan di dalam bahan tadi akan bertukar menjadi energi kalor yang dapat kita rasakan. Energi kalor ini mengalir jika terdapat suatu perbedaan suhu.

2.2.1 Perpindahan Kalor

Perpindahan kalor merupakan proses perpindahan energi (kalor) karena adanya perbedaan suhu, baik melalui perantara atau dengan tidak adanya perantara. Perpindahan kalor ada 3 macam yaitu perpindahan kalor secara radiasi, konduksi dan konveksi.

1. Radiasi

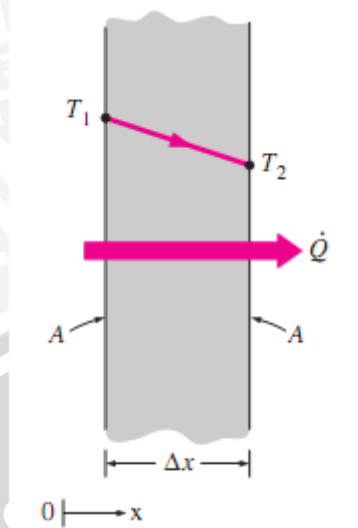
Yang dimaksud dengan pancaran (radiasi) ialah perpindahan kalor melalui gelombang dari suatu zat ke zat yang lain. Semua benda memancarkan kalor. Keadaan ini baru terbukti setelah suhu meningkat. Pada hakekatnya proses perpindahan kalor radiasi terjadi dengan perantaraan foton dan juga gelombang elektromagnet. Semua bahan pada suhu mutlak tertentu akan menyinari sejumlah energi kalor tertentu. Semakin tinggi suhu bahan tadi maka semakin tinggi pula energi kalor yang disinarkan. Proses radiasi adalah fenomena permukaan. Proses radiasi tidak terjadi pada bagian dalam bahan. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Perpindahan Panas Radiasi
Sumber : Cengel (2003 : 29)

2. Konduksi

Konduksi merupakan perpindahan energi dari partikel yang mempunyai energi besar ke partikel yang mempunyai energi lebih kecil, yang merupakan hasil dari interaksi antar partikel. Dalam aliran panas konduksi, terjadi karena hubungan molekul secara langsung tanpa adanya perpindahan molekul yang cukup besar. Perpindahan kalor secara konduksi dapat terjadi pada benda padat, cair dan gas. Dalam kondisi gas dan cair konduksi terjadi karena adanya tumbukan molekul pada saat pergerakan bebas, sedangkan pada benda padat terjadi karena, kombinasi getaran molekul pada kisi-kisi dan pergerakan elektron bebas, semakin cepat molekul-molekul bergerak semakin tinggi pula suhu dalam element zat tersebut. Konduksi adalah satu-satunya mekanisme perpindahan panas yang mana panas dapat mengalir dalam zat padat yang tidak tembus cahaya. Konduksi penting pula dalam fluida, tetapi didalam medium yang bukan padat biasanya tergabung dalam konveksi, dan dalam beberapa hal juga dengan radiasi. Sehingga perpindahan kalor secara hantaran/konduksi merupakan satu proses pendalaman karena proses perpindahan kalor ini hanya terjadi di dalam bahan. Arah aliran energi kalor, adalah dari titik bersuhu tinggi ke titik bersuhu rendah. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.2 dan Gambar 2.3 dimana suhu T_1 lebih tinggi dibandingkan suhu T_2 .



Gambar 2.2 Perpindahan Panas Konduksi
 Sumber : Cengel (2003 : 18)

Rumus untuk mengetahui laju perpindahan kalor konduksi :

$$q = -k A \frac{\Delta T}{\Delta X} \quad (\text{Holman, 1991: 13}) \quad (2-1)$$

dimana,

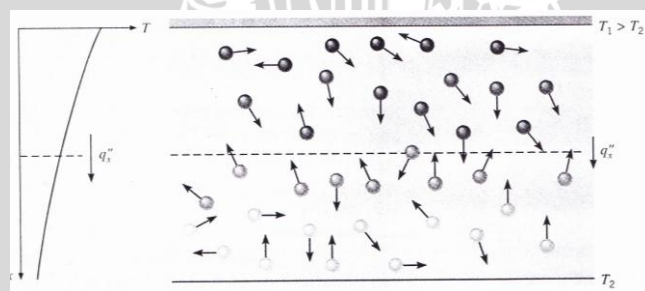
q = laju perpindahan kalor konduksi (W)

k = konduktivitas termal (W/m. °C)

A = luas permukaan (m²)

ΔT = perbedaan temperatur (°C)

ΔX = tebal permukaan (m)



Gambar 2.3 Perpindahan panas konduksi dan difusi energi
 akibat aktivitas molekul

Sumber : Incropera (1992 : 3)

Sudah diketahui bahwa tidak semua bahan dapat menghantar kalor dengan sempurna. Pada umumnya, bahan yang dapat menghantar arus listrik dengan sempurna merupakan penghantar yang baik juga untuk kalor dan

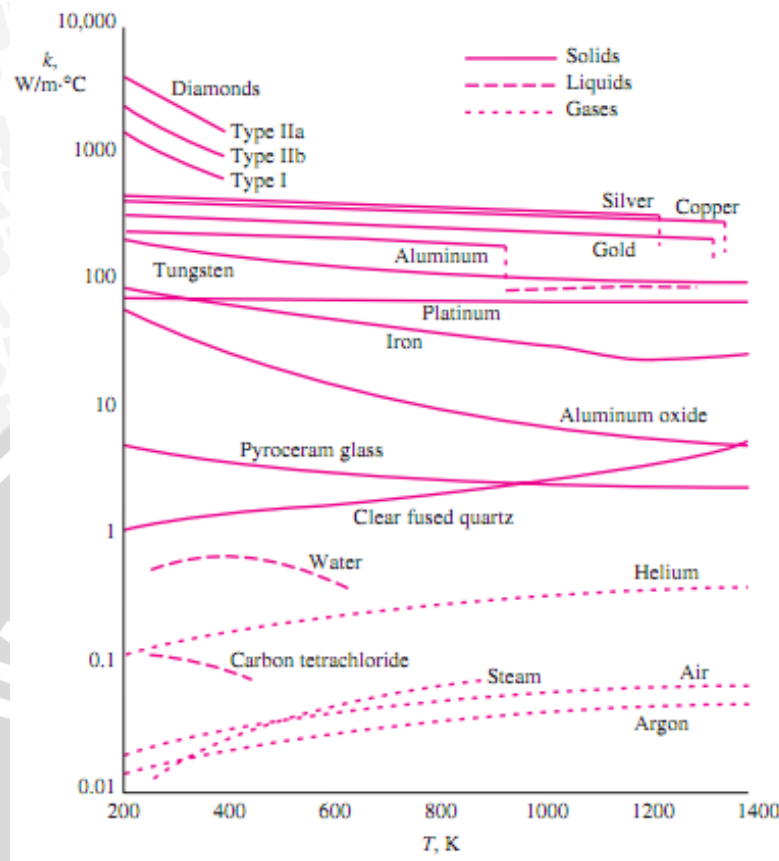
sebaliknya. Selanjutnya bila diandaikan sebatang besi atau jenis logam lain yang salah satu ujungnya dikenakan ke dalam nyala api. Dapat diperhatikan bagaimana kalor dipindahkan dari ujung yang panas ke ujung yang dingin. Apabila ujung batang logam tadi menerima energi kalor dari api, energi ini akan memindahkan sebagian energi kepada molekul dan elektron yang membangun bahan tersebut. Molekul dan elektron merupakan alat pengangkut kalor di dalam bahan menurut proses perpindahan kalor konduksi.

Kadar alir energi kalor berbeda karena susunan molekul dan juga atom di dalam setiap bahan adalah berbeda. Untuk satu bahan berfase padat molekulnya tersusun rapat, berbeda dengan satu bahan berfase gas seperti udara. Molekul udara adalah renggang sekali. Tetapi dibandingkan dengan bahan padat seperti kayu dan besi, maka molekul besi lebih rapat susunannya daripada molekul kayu. Bahan kayu terdiri dari gabungan bahan kimia seperti karbon, uap air, dan udara yang terperangkap sedangkan besi adalah besi. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan Gambar 2.4 dimana konduktivitas termal setiap bahan berbeda.

Tabel 2.1 Konduktivitas termal beberapa material pada temperatur ruang

Material	K, W/m.°C
Diamond	2300
Silver	429
Copper	401
Gold	317
Aluminium	237
Iron	80.2
Mercury (l)	8.54
Glass	0.78
Brick	0.72
Water (l)	0.613
Human skin	0.37
Wood (oak)	0.17
Helium (g)	0.152
Soft rubber	0.13
Glass fiber	0.043
Air (g)	0.026
Urethane, rigid foam	0.026

Sumber : Cengel (2003 : 20)

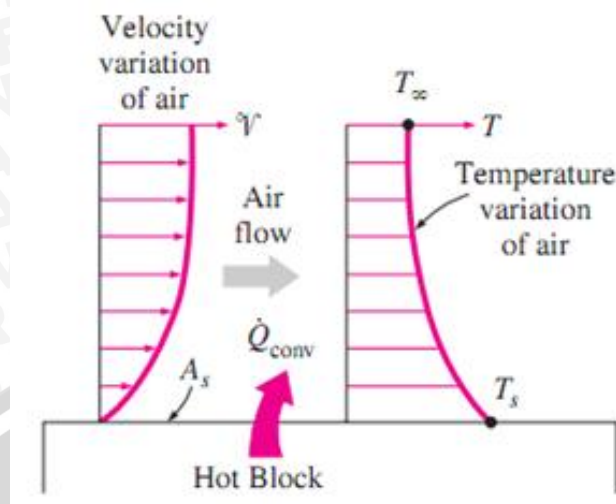


Gambar 2.4 Konduktivitas termal cairan, padat dan gas
 Sumber : Cengel (2003 : 22)

3. Aliran (Konveksi)

Yang dimaksud dengan konveksi ialah pengangkutan kalor oleh gerak dari zat yang dipanaskan. Proses perpindahan kalor secara aliran/konveksi merupakan satu fenomena permukaan. Proses konveksi hanya terjadi di permukaan bahan. Jadi dalam proses ini struktur bagian dalam bahan kurang penting. Keadaan permukaan dan keadaan sekelilingnya serta kedudukan permukaan itu adalah yang utama, suhu permukaan bahan akan berbeda dari suhu sekelilingnya. Dalam hal ini dikatakan suhu permukaan adalah T_s dan suhu udara sekeliling adalah T_∞ dengan $T_s > T_\infty$. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.5





Gambar 2.5 Perpindahan kalor konveksi pada permukaan panas
Sumber : Cengel (2003 : 26)

Perpindahan energi dengan cara konveksi dari suatu permukaan yang suhunya di atas suhu fluida sekitarnya berlangsung dalam beberapa tahap. Pertama, panas akan mengalir dengan cara konduksi dari permukaan ke partikel-partikel fluida yang berbatasan. Energi yang berpindah dengan cara demikian akan menaikkan suhu dan energi dalam partikel-partikel fluida ini. Kemudian partikel-partikel fluida tersebut akan bergerak ke daerah yang bersuhu rendah dimana mereka akan bercampur dengan partikel-partikel fluida lain dan juga memindahkan energi kepada partikel fluida lain. Perpindahan kalor konveksi diklasifikasikan dalam dua macam yaitu konveksi bebas (*free convection*) dan konveksi paksa (*forced convection*). Bila gerakan mencampur berlangsung semata-mata sebagai akibat dari perbedaan kerapatan yang disebabkan oleh gradien suhu, maka itu disebut sebagai konveksi bebas, sedangkan gerakan pencampuran disebabkan oleh alat dari luar seperti pompa atau kipas maka prosesnya disebut konveksi paksa. sedangkan rumus perpindahan kalor secara konveksi yaitu

Rumus untuk mengetahui laju perpindahan kalor konveksi :

$$q = h A (T_w - T_\infty) \quad (\text{Holman, 1991: 13}) \quad (2-2)$$

dimana,

q = laju perpindahan kalor konveksi (W)

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

- A = luas permukaan (m^2)
 T_w = temperatur permukaan ($^{\circ}C$)
 T_{∞} = temperatur fluida ($^{\circ}C$)

Dari penjelasan rumus diatas perpindahan kalor dihubungkan dengan beda suhu menyeluruh antara dinding dan fluida, dan luas permukaan A , besaran h disebut koefisien perpindahan-kalor konveksi. Dan untuk mendapatkan nilai h dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Nilai koefisien perpindahan kalor konveksi

Type of Convection	$h, W/m^2 \cdot ^{\circ}C$
Free convection of gases	2-25
Free convection of liquids	10-1000
Forced convection of gases	25-250
Forced convection of liquids	50-20.000
Boiling and condensation	2500-100.000

Sumber : Cengel (2003 : 26)

4. Perpindahan kalor pada droplet

Bolle dan Moureau mengembangkan persamaan semi-empiris berikut untuk perpindahan kalor total selama kontak antara droplet dan permukaan yang dipanaskan,

$$Q_{sd} = 0,82(k\rho C_p)_s^{0,5} (T_s - T_f) \frac{d_0^{2,5}}{v_0^{0,5}}$$

(Bernardin, 1997) (2-3)

dimana,

Q_{sd} = Perpindahan kalor total (J)

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

ρ = densitas bahan (Kg/m^3)

C_p = kalor spesifik bahan ($J/Kg \cdot ^{\circ}C$)

T_s = temperatur permukaan bahan ($^{\circ}\text{C}$)

T_f = temperatur *droplet* ($^{\circ}\text{C}$)

d_0 = diameter sebaran *droplet* (m)

v_0 = kecepatan *droplet* (m/s)

Sementara itu Takeuchi *et al.* menyatakan laju perpindahan kalor berkorelasi terhadap frekuensi *droplet*, kecepatan, dan diameter,

$$q_{ss} \propto f^{0,95} v_0^{0,65} d_0^{2,62}$$

(Bernardin, 1997) (2-4)

dimana,

q_{ss} = Laju perpindahan kalor (W)

f = frekuensi (1/s)

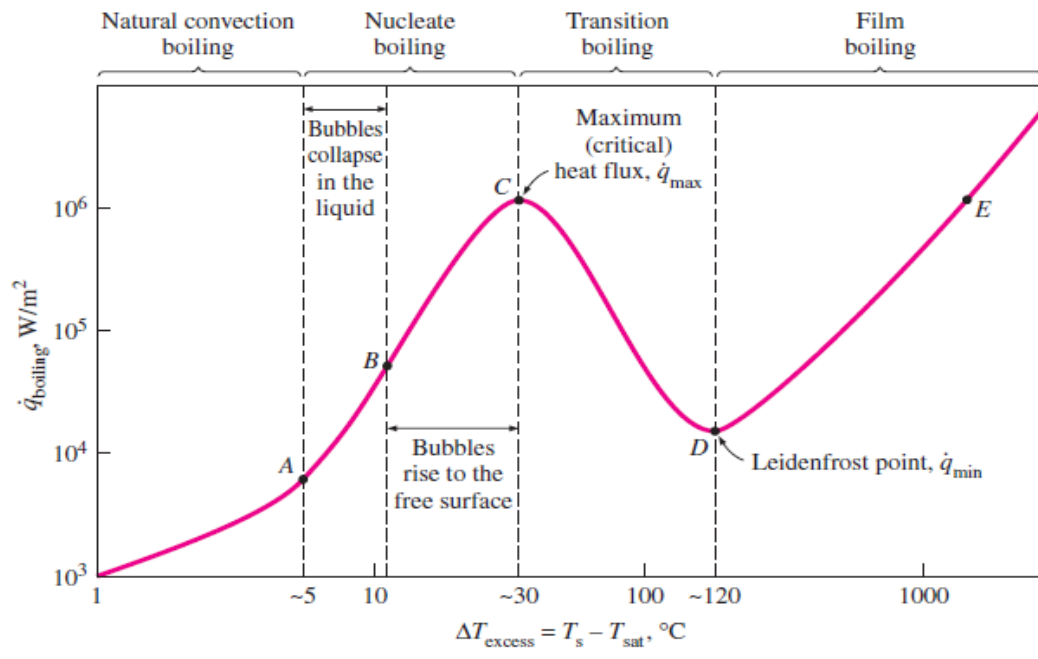
v_0 = kecepatan *droplet* (m/s)

d_0 = diameter *droplet* (m)

2.3 Pola Pendidihan

Pada saat kita meneteskan sebuah *droplet* yang jatuh di atas permukaan padat yang panas maka ada beberapa kemungkinan yang akan terjadi pada *droplet* tersebut yaitu diantaranya memercik (*splashing*), lengket lalu menyebar (*spreading*) dan melambung (*rebound*). Selanjutnya *droplet* tersebut akan mendidih dan mulai hilang (Bernardin, 1997).

Akan tetapi pada saat temperatur permukaan padat cukup tinggi maka *droplet* tidak lagi kontak langsung dengan permukaan padat seperti melayang akibat adanya lapisan uap tipis semacam lapisan *film* yang menghalanginya. Maka proses penguapan pada kondisi temperatur ini menjadi lambat akibat perpindahan kalor dari permukaan padat ke *droplet* menurun. Fenomena tersebut digambarkan dalam Kurva Pendidihan Nukiyama seperti pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Kurva Pendidihan Nukiyama
Sumber : Cengel (2003 : 519)

Untuk proses pendidihan, Nukiyama (1934) melakukan percobaan dengan mencelupkan pemanas listrik yang terbuat dari nikrom dan platinum ke dalam air. Dari percobaan tersebut terlihat adanya perbedaan pola pendidihan seiring dengan naiknya *excess temperature* (ΔT_{excess}), mulai dari *natural convection boiling*, *nucleate boiling*, *transition boiling*, sampai *film boiling* seperti terlihat pada Gambar 2.6 di atas.

Excess temperature adalah selisih temperatur pemanas dengan temperatur *liquid* jenuh. Dalam kasus pendidihan air pada tekanan 1 atm temperatur jenuh air adalah 100°C . Jika temperatur pemanas 115°C maka *excess temperature* adalah $115^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C} = 15^{\circ}\text{C}$, sehingga dapat dikatakan bahwa *excess temperature* itu adalah besarnya temperatur pemanas di atas temperatur saturasi sebuah *liquid*.

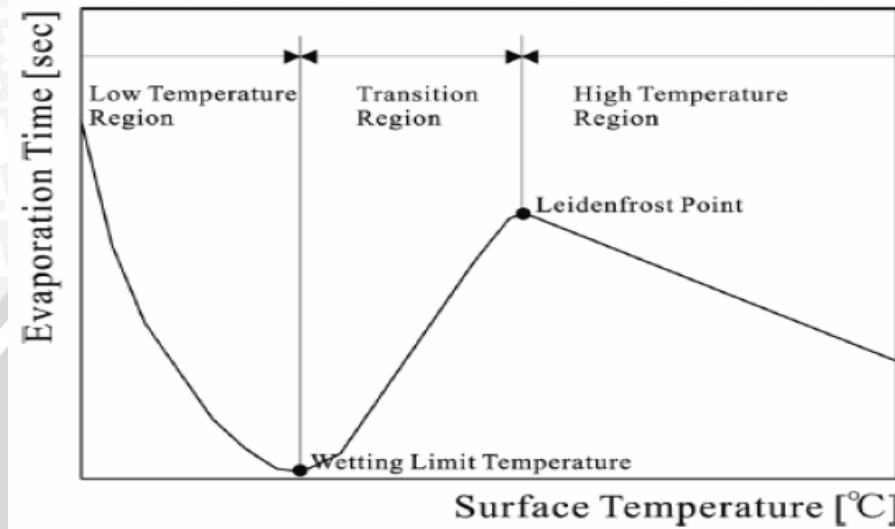
Dari diagram Nukiyama tersebut diperoleh empat daerah pendidihan sebagai berikut:

- 1) Daerah pendidihan konveksi bebas (*free convection boiling*) terletak pada $\Delta T_e < 5^{\circ}\text{C}$. Pada daerah ini belum ada aktivitas pendidihan, gelembung uap air belum terbentuk. Fluida masih dalam bentuk satu fasa. Pergerakan fluida murni akibat konveksi bebas. Titik A dikenal dengan nama *Onset of Nucleate Boiling* (ONB).

- 2) Daerah pendidihan inti (*nucleate boiling*) terletak antara $5^{\circ}\text{C} < \Delta T_e < 30^{\circ}\text{C}$. Aktifitas gelembung telah muncul. mula-mula pada daerah A-B gas yang terjebak di dalam pori-pori permukaan padat (*nucleate*) makin membesar lalu lepas secara perlahan. Gelembung muncul secara individu dan berbentuk bulat sempurna (*isolated bubble*). Pergerakan gelembung ini menyebabkan terjadinya pencampuran fluida di sekitar permukaan padat sehingga koefisien perpindahan kalor konveksi dan fluks kalor juga meningkat tajam. Pada daerah B-C makin banyak gelembung yang terlepas dari pori-pori. Gelembung terlepas berbentuk lonjong dan bergerak sangat cepat menyebabkan gelembung saling bersentuhan dan bertabrakan. Koefisien perpindahan kalor menjadi maksimum pada daerah tersebut dan pada titik C diperoleh fluks kalor maksimum. Titik ini disebut titik kritis atau *Critical Heat Flux* (CHF).
- 3) Daerah pendidihan transisi (*transition boiling*) terletak antara $30^{\circ}\text{C} < \Delta T_e < 120^{\circ}\text{C}$. Pembentukan gelembung sedemikian cepatnya sehingga mulai terbentuk lapisan film uap air menyelimuti permukaan padat yang memisahkan sisi permukaan padat dengan cair. Naiknya temperatur permukaan mengakibatkan makin banyak pula permukaan padat yang ditutupi oleh lapisan film. Pada sembarang titik antara C dan D kondisi pendidihan masih tidak stabil, kadang turun ke pendidihan inti kadang pula naik ke pendidihan film. Karena itu daerah ini disebut pula daerah pendidihan film tidak stabil (*unstable film boiling*) atau pendidihan film sebagian (*partial film boiling*). Fluks kalor menurun dengan naiknya temperatur karena konduktifitas uap air (gas) jauh lebih kecil dari pada air (cair).
- 4) Daerah pendidihan film (*film boiling*) terletak pada $\Delta T_e > 120^{\circ}\text{C}$. Pada titik D disebut titik Leidenfrost. Fluks kalor bernilai minimum karena itu titik ini sering pula disebut titik fluks kalor minimum atau *Minimum Heat Flux* (MHF) yang merupakan kebalikan dari CHF. Seluruh permukaan telah diselimuti oleh uap. Perpindahan kalor dari permukaan ke fluida terjadi secara konduksi dan radiasi. Seiring dengan naiknya temperatur permukaan fluks kalor juga meningkat dan perpindahan kalor secara radiasi makin dominan.

2.4 Wetting Limit Temperature

Karakteristik perpindahan kalor dari penguapan *droplet* ditunjukkan oleh kurva penguapan seperti pada Gambar 2.7. Sumbu vertikal adalah *droplet life time* dan sumbu horisontal temperatur awal permukaan panas.



Gambar 2.7 Kurva Penguapan dan Pembagian Regionnya
Sumber : Hidaka, S *et al* (2006 : 514)

Pada kurva tersebut terdapat sebuah titik minimum yang disebut titik penguapan minimum, minimum *evaporation time point* dan sebuah titik maksimum yang disebut titik *Leidenfrost*. *Droplet evaporation time* atau *droplet life time* adalah waktu yang dibutuhkan *droplet* mulai tepat saat menyentuh permukaan panas sampai *droplet* tersebut habis menguap.

Wetting limit temperature sedikit lebih tinggi dari titik minimum *evaporation time* dan diperoleh dengan cara mengamati perilaku *droplet* yang sedang menguap. Ketika *droplet* air jatuh menimpa permukaan panas, maka pada tahap awal perpindahan panas terjadi secara konduksi sebab antara *droplet* yang masih dalam fase cair kontak langsung dengan permukaan panas. Jika temperatur permukaan sedang, kalor dari permukaan panas mula-mula ditransfer ke cairan *film* secara konduksi dan kemudian penguapan terjadi dari permukaan *liquid film* tersebut. Bertambahnya temperatur permukaan menyebabkan waktu penguapan turun dan di daerah dekat *wetting limit temperature* terjadi pendidihan hebat bersamaan dengan penguapan dimana *droplet* meloncat lepas dari permukaan ke

atas dan kemudian membentuk *secondary droplet* yang selanjutnya jatuh kembali ke permukaan panas. Apabila temperatur permukaan lebih rendah dari *temperatur wetting limit*, maka kontak langsung cairan-padat terjadi lagi dan *secondary droplet* mengulangi proses yang sama sampai *droplet* habis menguap. Sebaliknya jika temperatur permukaan melebihi *temperatur wetting limit*, lapisan uap tipis terbentuk antara *secondary droplet* dengan permukaan panas. Pada akhirnya *secondary droplet* menjadi keadaan *Leidenfrost* dan dengan menaikkan temperatur permukaan maka waktu penguapan juga meningkat (Hidaka *et al*, 2006).

2.5 Temperatur *Leidenfrost*

Temperatur *Leidenfrost* adalah temperatur dimana titik perpindahan kalor mengalami perubahan arah, dari turun menjadi naik atau sebaliknya. Pada temperatur ini *film boiling* dimulai. Di atas temperatur tersebut *droplet* tidak lagi mampu membasahi permukaan dan hanya melayang-layang di atas uap yang membatasi antara *droplet* dengan permukaan padat. Untuk menentukan besarnya maka perlu dilakukan pengujian (Bernardin, 1999).

2.6 Bilangan Weber

Fenomena tumbukan *droplet* dengan permukaan padat akan memperlihatkan perilaku seperti *spread*, *splash* atau *rebound*. Besarnya energi tumbukan *droplet* yang menimpa permukaan padat bisa kita lihat dari kecepatan *droplet* tepat saat menimpa permukaan. Tetapi ini hanya ditentukan oleh massa *droplet* saja dan tidak dipengaruhi sifat *droplet* yang lain. Parameter yang lebih sering dipakai adalah bilangan tak berdimensi Weber. Bilangan Weber adalah perbandingan antara energi kinetik dengan energi permukaan *droplet*, yang mana dalam hubungan ini mempertimbangkan diameter, kecepatan, dan sifat fisik *droplet*.

$$We = \frac{\rho v^2 D}{\sigma} \quad (\text{Bernardin, 1996:250}) \quad (2-5)$$

dimana ρ = massa jenis *droplet* (kg/m³)

v = kecepatan *droplet* saat mengenai permukaan (m/s)

D = diameter awal *droplet* (m)

σ = tegangan permukaan *droplet* (N/m)

2.7 Sudut Kontak (*Contact Angle*)

Sudut kontak adalah sudut yang dibentuk antara garis datar permukaan padat dengan garis singgung permukaan *droplet* yang melalui titik perpotongan permukaan padat dan permukaan *droplet*. Sudut kontak biasanya digunakan sebagai metode untuk menilai kemampuan *droplet* membasahi permukaan padat (*wettability*). Sudut kontak adalah hasil dari kesetimbangan tiga gaya *interfacial* dan hubungan ini diekspresikan dengan persamaan Young seperti berikut dan ditunjukkan oleh Gambar 2.8.

$$\sigma_s = \sigma_{sl} + \sigma_l \cos \theta \quad (\text{Hidaka, 2006:515}) \quad (2-6)$$

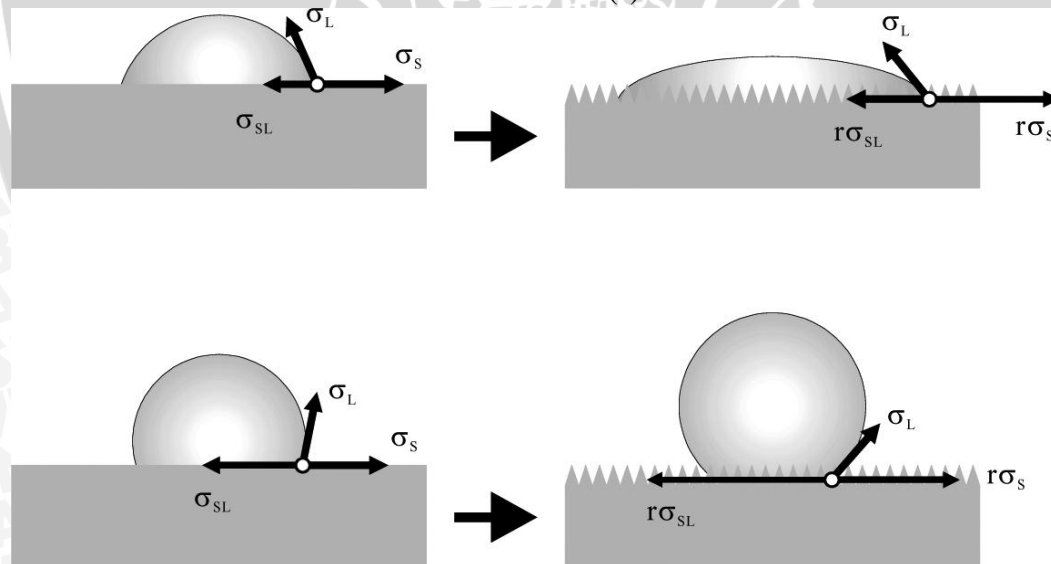
dimana

σ_s = tegangan permukaan padat (N/m)

σ_{sl} = tegangan antar muka antara padat dan cair (N/m)

σ_l = tegangan permukaan cairan (N/m)

θ = sudut kontak ($^\circ$)



Gambar 2.8 Perubahan sudut kontak dalam kekasaran permukaan yang berbeda

Sumber : Hidaka, S *et al* (2006 : 516)

Berdasarkan besarnya sudut yang terbentuk, maka sudut kontak dapat diklasifikasikan menjadi (Hidaka *et al*, 2006):

- Superhydrophilic surface* ($\theta < 10^\circ$).
- Hydrophilic surface* ($10^\circ < \theta < 90^\circ$).
- Hydrophobic surface* ($90^\circ < \theta < 150^\circ$).
- Superhydrophobic/super-water-repellent surface* ($\theta > 150^\circ$).

2.8 Tingkat penyebaran (*Spreading rate*) dan Tinggi puncak droplet (*Apex Height*)

Dua parameter yang digunakan untuk mengukur dari suatu proses penjarangan *droplet* yaitu dengan cara mengukur diameter daerah pembasahan (d) dan tinggi puncak *droplet* dari permukaan (h), dapat dilihat pada Gambar 2.9 yang mengilustrasikan bagaimana dimensi tersebut diperoleh. Normalisasi d dan h dengan diameter awal *droplet* maka diperoleh

$$\beta(t) = \frac{d(t)}{D} \quad (\text{Bonacina et al. 1979}) (2-7)$$

dimana $\beta(t)$ = *spreading factor*

$d(t)$ = diameter daerah pembasahan (mm)

D = diameter awal *droplet* (mm)

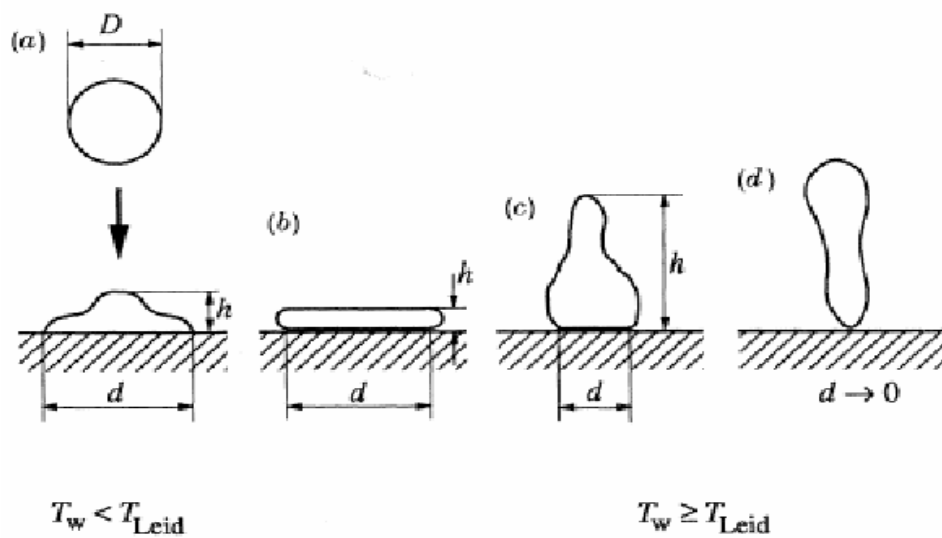
$$\zeta(t) = \frac{h(t)}{D} \quad (\text{Bonacina et al. 1979})(2-8)$$

dimana $\zeta(t)$ = *dimensionless height*

$h(t)$ = tinggi puncak *droplet* dari permukaan (mm)

D = diameter awal *droplet* (mm)

Definisi β jelas ketika temperatur permukaan lebih kecil dari temperatur *Leidenfrost* pada Gambar 2.9(a). Ketika temperatur permukaan lebih besar dari temperatur *Leidenfrost*, *droplet* tidak lama membasahi permukaan panas. $d(t)$ kemudian didefinisikan sebagai diameter area bagian bawah *droplet* yang mana dipisahkan oleh *film* uap dari permukaan padat selama deformasi, lihat Gambar 2.9(b). Jika *droplet* menciut (*recoil*) dari permukaan seperti pada Gambar 2.9(c) dan (d) maka d dapat mendekati nol, maka pengukuran d dibatasi hanya saat awal tumbukan hingga *recoil* yang pertama.



Gambar 2.9 Definisi diameter *spreading* dan *apex height*
 Sumber : Chandra dan Avedisian (1991 : 34)

2.9 Aluminium

Aluminium adalah logam yang ringan dan cukup penting dalam kehidupan manusia. Material ini mempunyai unsur kimia golongan IIIA dalam sistim periodik unsur, dengan nomor atom 13 dan berat atom 26,98 gram per mol, merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan merupakan konduktor yang baik juga buat panas. Material ini bukan merupakan jenis logam berat, namun merupakan elemen yang berjumlah sekitar 8% dari permukaan bumi dan paling berlimpah ketiga. Anonymous d, tahun 2011.

2.9.1 Sifat-sifat Aluminium

Aluminium mempunyai banyak sifat baik yang menguntungkan untuk dikembangkan dalam industri, antara lain adalah :

1. Ringan

Aluminium merupakan logam yang sangat ringan, beratnya sekitar 2720 kg/m³. Oleh karena itu aluminium banyak menggantikan baja dalam berbagai hal seperti pada mobil, motor, kapal, alat rumah tangga dan lain-lain.

2. Tahan karat

Beberapa logam lain mengalami pengikisan bila terkena oksigen, air atau bahan kimia lainnya. Reaksi kimia akan menyebabkan korosi pada logam tersebut.

3. Hantar panas yang baik

Aluminium adalah logam yang paling umum dipakai sebagai alat penghantar panas, sebab mempunyai konduktivitas thermal 204 W/m.°C. Disamping itu aluminium juga mudah diubah bentuknya.

2.10 Hipotesa

Perbedaan temperatur dan diameter awal *droplet* akan mempengaruhi penyebaran *droplet* saat menumbuk. Semakin tinggi perbedaan temperatur dan diameter awal *dprolet* akan meningkatkan intensitas laju perpindahan kalor dan perpindahan kalor total, namun waktu evaporasi semakin menurun.

