

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Pengertian Umum

Teknologi termoelektrik bekerja dengan mengonversi energi panas menjadi listrik secara langsung (generator termoelektrik), atau sebaliknya, dari listrik menghasilkan dingin (pendingin termoelektrik). Untuk menghasilkan listrik, material termoelektrik cukup diletakkan sedemikian rupa dalam rangkaian yang menghubungkan sumber panas dan dingin. Dari rangkaian itu akan dihasilkan sejumlah listrik sesuai dengan jenis bahan yang dipakai. Kerja pendingin termoelektrik pun tidak jauh berbeda. Jika material termoelektrik dialiri listrik, panas yang ada di sekitarnya akan terserap. Dengan demikian, untuk mendinginkan udara, tidak diperlukan kompresor pendingin seperti halnya di mesin-mesin pendingin konvensional.

Untuk keperluan pembangkitan listrik tersebut umumnya bahan yang digunakan adalah bahan semikonduktor. Semikonduktor adalah bahan yang mampu menghantarkan arus listrik namun tidak sempurna. Semikonduktor yang digunakan adalah semikonduktor tipe n dan tipe p. Bahan semikonduktor yang digunakan adalah bahan semikonduktor ekstrinsik. Persoalan untuk Termoelektrik adalah untuk mendapatkan bahan yang mampu bekerja pada suhu tinggi.

Secara umum, beberapa material pembangkit termoelektrik yang telah diproduksi menggunakan:

1. Silicon Germanium
2. Lead Telluride
3. Bismuth Telluride alloys

Ketiga material ini terbagi berdasarkan temperatur kerjanya. Untuk material Silicon Germanium, temperatur kerja paling tinggi diantara 2 material lainnya. Material ini dapat menyerap panas dalam range temperature 750^oC sampai 1000^oC. Material ini dapat menyerap beda potensial yang lebih tinggi dari material termoelektrik lainnya. Kekurangan dari material ini adalah tingginya harga, sehingga menaikkan ongkos produksinya.

Material Lead Telluride merupakan material dengan temperature kerja menengah, dibawah material Silicon Germanium, dan diatas

temperature kerja Bismuth Telluride alloys. Material ini mempunyai temperature kerja dengan rentang antara 400°C – 650°C .

Material yang paling umum digunakan dalam elemen termoelektrik adalah material Bismuth Telluride alloys. Dengan rentang temperature kerja hingga 350°C , material ini umum dipakai sebagai instalasi pembangkit listrik alternative karena adanya perbedaan temperature yang membuat timbulnya daya listrik dibandingkan dengan dua material yang lain, daya keluaran serta efisiensi pembangkit bismuth telluride lebih kecil, tetapi dengan tersedianya sumber termal, daya yang diinginkan akan dapat tercapai.

2.2 Prinsip Kerja Termoelektrik Generator

Prinsip kerja dari termoelektrik adalah dengan berdasarkan Efek Seebeck yaitu Jika 2 buah logam yang berbeda disambungkan salah satu ujungnya, kemudian diberikan suhu yang berbeda pada sambungan, maka terjadi perbedaan tegangan pada ujung yang satu dengan ujung yang lain kemudian tegangan yang dihasilkan termoelektrik generator dapat langsung digunakan untuk menyalakan lampu atau dapat di transfer ke battery.

Untuk keperluan pembangkitan listrik tersebut umumnya bahan yang digunakan adalah bahan semikonduktor. Semikonduktor adalah bahan yang mampu menghantarkan arus listrik namun tidak sempurna. Semikonduktor yang digunakan adalah semikonduktor tipe n dan tipe p. Bahan semikonduktor yang digunakan adalah bahan semikonduktor ekstrinsik. Terdapat tiga sifat bahan termoelektrik yang penting, yaitu :

- Koefisien Seebeck (s)
- Konduktivitas panas (k)
- Resistivitas (ρ)

2.2.1 Efek Seebeck

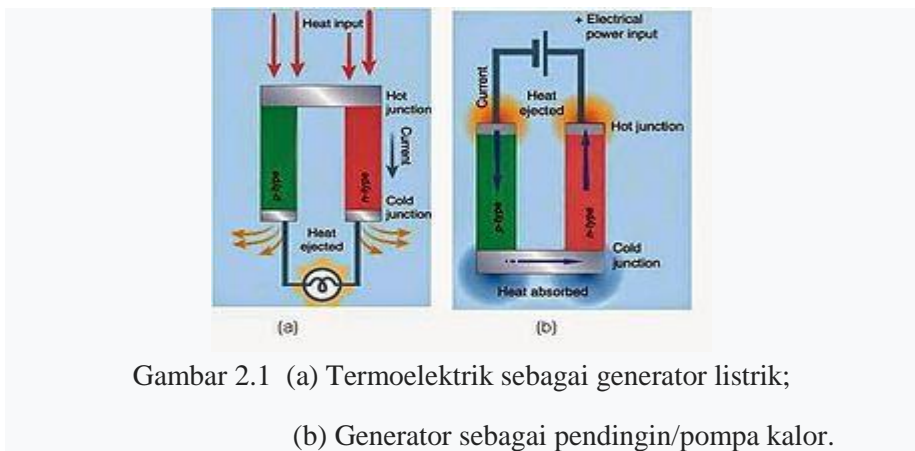
Efek Seebeck merupakan fenomena yang mengubah perbedaan temperatur menjadi energi listrik. Jika ada dua bahan yang berbeda yang kemudian kedua ujungnya disambungkan satu sama lain maka akan terjadi dua sambungan dalam satu loop. Jika terjadi perbedaan temperatur di antara

kedua sambunga ini, maka akan terjadi arus listrik akan terjadi. Prinsip ini lah yang digunakan termoelektrik sebagai generator (pembangkit listrik). Setiap bahan memiliki koefisien seebeck yang berbeda-beda. Semakin besar koefisien seebeck ini, maka beda potensial yang dihasilkan juga semakin besar. Karena perbedaan temperatur disini dapat diubah menjadi tegangan listrik, maka prinsip ini juga digunakan sebagai sensor temperatur yang dinamakan thermocouple.

2.2.2 Efek Peltier

Kebalikan dari dari efek Seebeck, yaitu jika dua logam yang berbeda disambungkan kemudian arus listrik dialirkan pada sambungan tersebut, maka akan terjadi fenomena pompa kalor. Prinsip inilah yang digunakan termoelektrik sebagai pendingin/pompa kalor.

Termoeletrik terdiri dari dua buah bahan berbeda yang disambubngkan. Material yang dipilih memiliki koefisien seebeck cukup tinggi. Saat ini kebanyakan termolektrik menggunakan Bismuth-Telluride sebagai bahan pembuatnya.

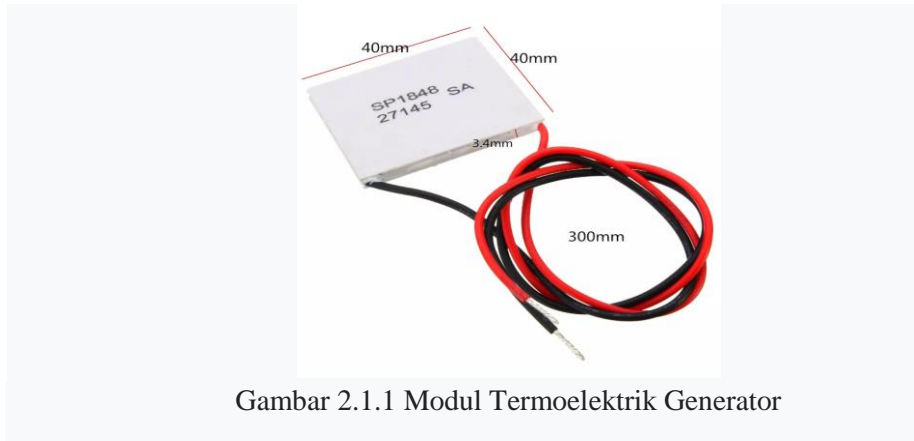


Gambar 2.1 (a) Termoelektrik sebagai generator listrik;

(b) Generator sebagai pendingin/pompa kalor.

Perangkat modul termoelektrik yang dijual biasanya berbentuk plat tipis. Salah satu termoeletrik yang dapat dengan mudah kita dapatkan berukuran 40 mm x 40 mm dengan ketebalan 5 mm dan terdapat dua buah kabel (biasanya merah dan hitam). Jika di antara kedua permukaan termoelektrik terapat perbedaan temperatur maka tegangan listrik dihasilkan dan tegangan tersebut dapat kita ukur melalui dua kabel termoeletrik dengan menggunakan voltmeter. Jika perbedaan temperatur cukup besar, maka

termoelektrik dapat menghidupkan sebuah lampu LED kecil. Listrik yang dihasilkan pada thermoelectric generator adalah listrik searah (DC).



Gambar 2.1.1 Modul Termoelektrik Generator

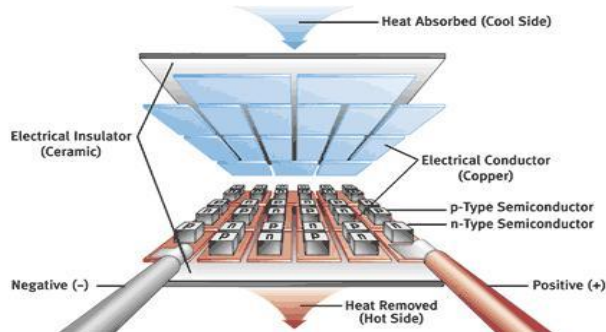
Sebaliknya jika modul termoelektrik ini diberi tegangan maka akan terjadi perbedaan temperatur antar permukaan yang satu dengan yang lain. Tegangan ini akan menyebabkan adanya aliran arus yang melalui bahan termoelektrik sehingga terjadi efek peltier. Fenomena inilah yang disebut dengan pompa kalor. Jika dibandingkan dengan teknologi refrigerasi kompresi uap, termoelektrik memiliki berbagai macam kelebihan antara lain: Pemanas atau pendingin dapat dengan mudah diatur dengan menyesuaikan arah arusnya, sangat ringkas, tidak berisik, tidak butuh perawatan khusus, tidak butuh refrigeran (Freon), tidak ada getaran. Walau bagaimanapun juga, termoelektrik masih memiliki kekurangan yaitu performanya masih rendah.

2.2.3 Elemen Peltier

Konsep dasar dari sel peltier yaitu efek Seebeck dan efek Peltier, dimana sel peltier ini merupakan bahan semikonduktor yang bertipe-p dan tipe-n. semikonduktor merupakan bahan setengah penghantar listrik yang disebabkan perbedaan gaya ikat diantara atom-atom, ion-ion, atau molekul-molekul.

Semua ikatan zat padat atau bahan padat yang lainnya disebabkan adanya gaya listrik dan tergantung pada jumlah elektron terluar pada struktur atom. Bahan padat yang dimaksud adalah bahan padat seperti, isolator, semikonduktor ataupun superkonduktor. Untuk penyusun dari

bahan padat terbagi menjadi dua bagian yaitu bahan padat Kristal dan bahan padat amorf. Bahan padat Kristal merupakan suatu bahan padat dengan struktur partikelnya disusun secara keteraturan yang panjang dan berulang secara periodic, pada bahan jenis Silicon, Germanium, Gallium, Arsenid, dsb. Sedangkan bahan padat amorf struktur partikelnya disusun dengan keteraturan yang pendek dan tidak berulang secara periodic, seperti Amorphos Silicon.

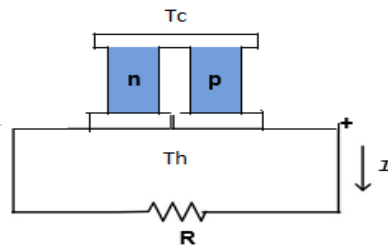


Gambar 2.2 Struktur Elemen Peltier

Semikonduktor terbagi menjadi dua yaitu semikonduktor intrinsik (murni) dan semikonduktor ekstrinsik (tidak murni). Semikonduktor intrinsik merupakan jenis semikonduktor yang murni dengan elektron valensi empat, misalnya silicon dan germanium, keduanya terletak pada kolom empat dan table periodic. Silicon dan germanium dibentuk oleh tetrahedral dimana setiap atom akan menggunakan bersama atom elektron valensi dengan atom – atom tetangganya.

Semikonduktor ekstrinsik merupakan semikonduktor tidak murni dimana terjadi penambah elektron. Proses penambahan disebut Doping untuk mendapatkan elektron valensi bebas dalam jumlah lebih banyak dan permanen, yang diharapkan agar dapat menghantarkan listrik. Doping dibagi menjadi dua tipe yaitu tipe-N dan tipe-P, dimana semikonduktor tipe-N ynag menghasilkan muatan negatif dan merupakan donor untuk melepaskan elektron sedangkan semikonduktor tipe-P menghasilkan muatan positif.

Dalam penjelasan semikonduktor maka dapat disimpulkan bahwa didalam sel Peltier terdapat bahan semikonduktor tipe-N dan tipe P yang apabila kedua tipe tersebut diberi arus listrik akan menimbulkan beda potensial.



Gambar 2.2.1 Modul termoelektrik mengkonversi panas menjadi listrik

Keterangan :

T_h = temperature hot

T_c = temperature cool

P = konduktor +

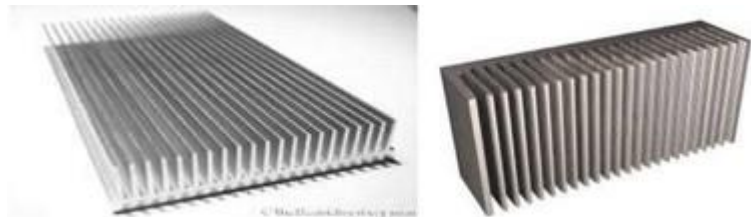
N = konduktor -

R = hambatan

I = arus listrik (Ampere)

2.2.4 Heatsink

Heatsink adalah material yang dapat menyerap dan mendisipasi panas dari suatu tempat yang bersentuhan dengan sumber panas dan membuangnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.10 Heatsink digunakan pada beberapa teknologi pendingin seperti *refrijerasi*, *air conditioning*, dan radiator pada mobil.



Gambar 2.3 Heatsink

Sebuah *heatsink* dirancang untuk meningkatkan luas kontak permukaan dengan fluida disekitarnya, seperti udara. Kecepatan udara pada

lingkungan sekitar, pemilihan material, desain sirip (atau bentuk lainnya) dan *surface treatment* adalah beberapa faktor yang mempengaruhi tahanan thermal dari *heatsink*. *Thermal adhesive* (juga dikenal dengan *thermal grease*) ditambahkan pada dasar permukaan *heatsink* agar tidak ada udara yang terjebak di antara *heatsink* dengan bagian yang akan diserap panasnya.

2.2.5 Kipas / Fan



Gambar 2.4 Kipas / Fan

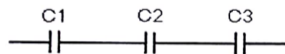
Fan atau kipas digunakan untuk menghasilkan angin. Fungsi yang umum adalah untuk pendingin udara, penyegar udara, ventilasi (exhaust fan). Membantu pendinginan pada heatsink.

2.2.6 Proses Kerja Sistem

Saat termoelektrik generator diletakan pada benda panas maka termoelektrik generator tersebut akan mengubah energi menjadi panas disisi satu dan sisi yang satunya dingin, pada dinding termoelektrik yang dingin didistribusikan dengan heatsink dan kipas kemudian kipas bersirkulasi mendinginkan heatsink supaya pada dinding sisi dingin termoelektrik tetap stabil. Agar sisi yang panas dapat menghasilkan energi listrik yang maksimal dan kemudian listrik dapat digunakan untuk menyalakan lampu atau disimpan ke baterai.

2.2.7 Susunan Termoelektrik Generator Jika Menggunakan Rangkaian Seri SUSUNAN SERI SEMIKONDUKTOR

Rangkaian kapasitor secara seri akan mengakibatkan nilai kapasitansi total semakin kecil. Dibawah ini adalah contoh kapasitor yang dirangkai secara seri



Gambar 2.5 Termoelektrik disusun secara seri

Pada rangkaian kapasitor seri, berlaku rumus :

$$C_{\text{Total}} = 1/c_1 + 1/c_2 + 1/c_3$$

Rangkaian seri yang cara kerjanya membagi arus yang dihasilkan dari komponen lain. Apabila ada tiga buah komponen yang dirangkai secara seri maka tegangan dari satu komponen memberikan sisa tegangan yang dihasilkan sehingga proses ini dapat mengurangi pemakaian tegangan sehingga 3 komponen hanya terhitung pada 1 komponen saja. Rangkaian seri sering juga di gambarkan dalam posisi diagonal, gunanya adalah agar dapat memahami dalam pembacaan pada gambar.

Kelebihan dari pemakaian susunan seri adalah lebih banyak menghemat daya yang dikeluarkan pada baterai. Kelebihan lainnya yang dimiliki susunan seri terdapat pada pengerjaan yang singkat, serta tidak memerlukan banyak penghubung pada penyambung jalur.

Selain memiliki kelebihan, rangkaian ini juga memiliki kelemahan, adapun kelemahan pada rangkaian ini adalah karena menurunkan fungsi dari komponen itu sendiri karena mendapat tegangan yang kurang. Sebab harus berbagi dengan komponen lain.

2.3 Efisiensi Kompor Lpg

Efisiensi energi adalah kemampuan untuk menggunakan lebih sedikit energi untuk menjalankan fungsi dan kinerja yang sama. Untuk melakukan penghematan penggunaan bahan bakar *LPG* dalam Kompor Gas ini dapat dilakukan dengan cara meningkatkan efisiensi proses pembakaran yang terjadi, dan peningkatan efisiensi proses pembakaran ini tidak terlepas dari bentuk ruang bakar (burner) yang bisa mensirkulasikan kalor sehingga dapat meminimalkan kalor yang terbuang.

Efisiensi kompor menunjukkan presentase panas yang berguna pada suatu kompor. Efisiensi kompor menunjukkan persentase panas yang berguna pada suatu kompor. Lebih lanjut efisiensi kompor dapat digunakan untuk menentukan panas yang hilang selama penggunaan kompor tersebut. Panas yang hilang merupakan suatu kerugian, maka harus diupayakan sekecil mungkin dengan memodifikasi kompor atau dengan merencanakan kompor sebaik mungkin. Kompor dengan efisiensi tinggi memiliki panas berguna yang tinggi sedangkan kompor dengan efisiensi rendah banyak terjadi kehilangan panas.

Efisiensi kompor dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{C_{pa} \cdot M_e \cdot (t - t_1) + M_u \cdot H}{M_c \cdot E} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

η : Efisiensi kinerja kompor

C_{pa} = kalor spesifik (kJ/kg.C)

M_e : Massa air + bejana, kg

t : Temperatur akhir, diambil poin tertinggi yang terukur setelah api kompor dimatikan (saat air mencapai $95^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$).

t_1 : Temperature awal $29^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$

M_c : Massa gas yang terbakar, dihitung saat pengujian dimulai sampai pengujian berakhir (dari t_1 sampai t) dinyatakan dalam kg.

M_u = massa uap air, kg ($8,8010 \times 10^{-11}$ kg)

H = Panas laten air menguap (kJ/kg) $2,26 \times 10^6$ kJ/kg

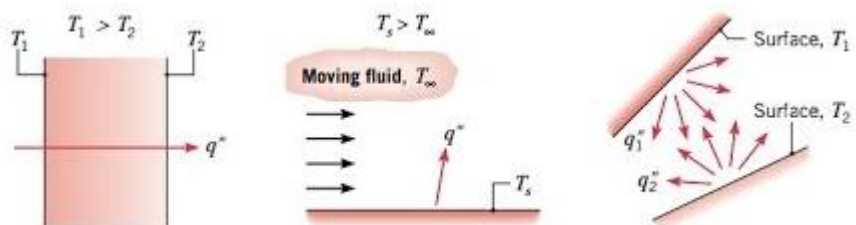
E = Nilai kalor netto bahan bakar (kJ/kg) 49,14 kJ/kg

2.4 Konsep Dasar Perpindahan Panas

Ilmu perpindahan panas diperlukan untuk menganalisa proses perpindahan panas dari suatu benda lain atau dari suatu bagian benda ke bagian benda lainnya. Walaupun di dalam termodinamika perpindahan energi dalam bentuk panas telah dipelajari, tetapi ilmu termodinamika tidak mampu memberikan suatu keterangan tentang cara berlangsungnya proses tersebut, lama waktu perpindahan panas dan perubahan-perubahan temperatur yang terjadi di dalam sistem.

Termodinamika hanya membahas berdasarkan keadaan awal dan keadaan akhir dari proses di mana perpindahan energi dalam bentuk panas dipandang sebagai selisih antara energi yang dimiliki sistem pada keadaan awal dan akhir proses tersebut, dengan balans energi. Pada dasarnya perpindahan panas terjadi akibat adanya ketidakseimbangan (adanya perbedaan temperatur) termal. Proses perpindahan panas yang sebenarnya terjadi adalah sangat rumit dan memerlukan pengkajian yang cukup sulit.

Oleh karena itu dilakukan berbagai cara penyederhanaan dalam peninjauan proses tersebut yaitu dengan jalan memperhatikan hal-hal yang kurang berpengaruh terhadap proses keseluruhan. Dengan dasar penyederhanaan tersebut, maka mekanisme perpindahan panas dapat dibedakan atas tiga jenis yaitu : **konveksi**, **konduksi** dan **radiasi**

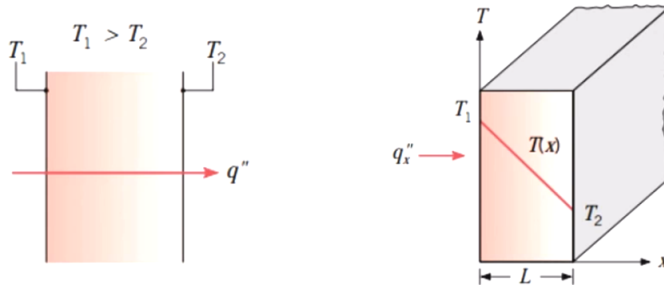


Gambar. 2.6 proses perpindahan panas

2.4.1 Perpindahan Panas Konduksi

Perpindahan panas secara konduksi adalah proses dimana panas mengalir dari daerah yang bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah di

dalam suatu medium. Laju perpindahan panas dinyatakan pada hukum furrier (*Sumber: Houlman,2001*):



Gambar 2.6.1 konduksi pada dinding pelat

Persamaan Hukum Fourier :

$$q = -k \cdot A \cdot \frac{dT}{dx} = -k \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x} \rightarrow q = - \frac{\Delta T}{\frac{\Delta x}{k \cdot A}}$$

Laju perpindahan panas, q → aliran

Temperature → potensial

Konduktivitas thermal, k

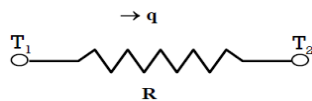
Tebal bahan, Δx → Tahanan

Luas permukaan, A → Tahanan

Analogi listrik (Hk. Ohm) → *Aliran* = $\frac{\text{potensial}}{\text{tahanan}}$

$$I = \frac{V}{R} \cong q = - \frac{\Delta T}{\frac{\Delta x}{k \cdot A}}$$

Bila aliran panas dinyatakan dengan analogi listrik maka akan menjadi :



$$T1 < T2$$

$$q = -\frac{\Delta T}{R} = -\frac{(T_2 - T_1)}{\frac{\Delta x}{k \cdot A}} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$T_1 > T_2$$

$$q = \frac{\Delta T}{R} = \frac{T_1 - T_2}{\frac{\Delta x}{k \cdot A}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

q_x = laju perpindahan panas konduksi (Watt)

K = konduktivitas thermal (W/m. °C)

A = luas penampang yang tegak lurus dengan arah laju perpindah panas (m²)

ΔT = perubahan suhu (°K)

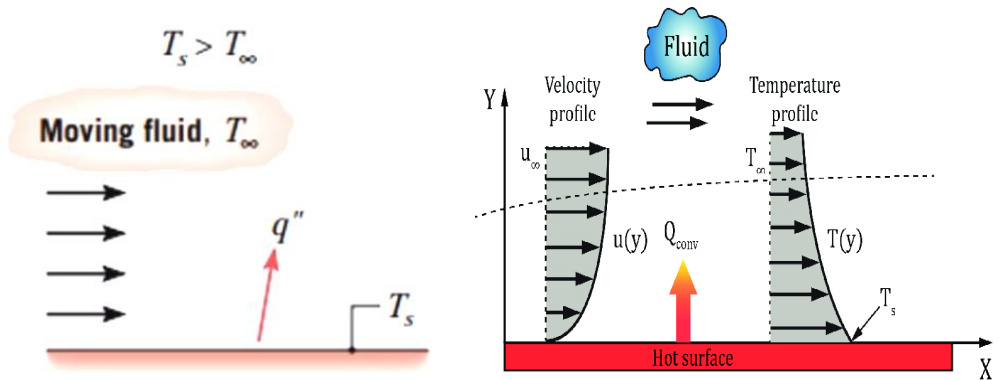
Δx = ketebalan bahan (m)

Tanda minus pada persamaan diatas digunakan untuk memenuhi hukum kedua termodinamika, yaitu bahwa kalor mengalir dari tempat yang lebih rendah.

2.4.2 Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas secara konveksi adalah pengangkutan kalor oleh gerak dari zat yang dipanaskan. Proses konveksi hanya terjadi di permukaan bahan. Dalam hal ini suhu permukaan adalah T_s dan suhu udara keliling adalah T_∞ dengan $T_s > T_\infty$. Kini terdapat keadaan suhu tidak seimbang diantara bahan dan sekelilingnya.

Pada permukaan zat terjadi aliran, karena massa yang akan dipanaskan tidak sekaligus dibawa kesuhu yang sama tinggi. Oleh karena itu bagian yang paling banyak dipanaskan memperoleh massa jenis yang kecil dari pada bagian massa yang lebih dingin, sebagai akibatnya terjadi sirkulasi sehingga kalor tersebar pada seluruh zat.



Gambar 2.6.2 konveksi dari permukaan plat ke fluida

$$q = \bar{h} \times A_s \times (T_s - T_\infty) \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

- q = laju perpindahan panas (W)
- \bar{h} = koefisien perpindahan panas ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)
- A_s = luas perpindahan panas (m^2)
- T_s = temperatur dinding ($^\circ C$)
- T_∞ = temperatur sekeliling ($^\circ C$)

2.4.3 Menentukan Koefisien Konveksi

Dalam analisa perpindahan panas, faktor utama adalah besarnya koefisien perpindahan panas secara konveksi. Pada konveksi bebas atau alamiah dan konveksi paksa biasanya dinyatakan dalam parameter-parameter tidak berdimensi. Antara lain sebagai berikut :

- Bilangan Reynold

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D_H}{\mu} \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

- Dimana :
- ρ = Viskositas dinamik (kg/m^3)
 - V = Kecepatan fluida (m/s)
 - D_H = Lintasan fluida (m)
 - μ = Viskositas dinamik ($kg/m.s$)
 - $D_H = 2$ (luasan aliran fluida – lingkaran lubang) (2.6)

- Bilangan Pradtl

$$(Pr) = \frac{\mu \cdot Cp}{k} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana : Cp = Kalor spesifik (kj/kg.K)
k = Konduktifitas termal (W/m.K)

- Bilangan Nuselt

$$Nu = \frac{hc \cdot DH}{k} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana : hc : koefisien konveksi (W/m².°K)

Bilangan Reynold (Re) dan bilangan Pradtl (Pr) mempunyai peran penting menentukan bilangan Nuselt, untuk mengikhtisarikan maka korelasi-korelasi perpindahan panas konveksi biasanya dinyatakan dalam bentuk

$$Nu = f(Pr,Re) \dots\dots\dots (2.9)$$

2.5 Panci

Panci (Saucepon) adalah alat masak yang terbuat dari logam (aluminium, baja, dll) dan berbentuk silinder atau mengecil pada bagian bawahnya. Panci bisa memiliki gagang tunggal atau dua "telinga" pada kedua sisinya, gagang atau telinga ini difungsikan sebagai pegangan untuk membawa ataupun mengangkat panci dan biasanya digunakan untuk memasak air, sayur berkuah, dll. Ukuran panci biasanya dinyatakan dengan volumenya.

2.5.1 Aluminium

Aluminium merupakan salah satu jenis logam yang terdapat pada kerak bumi. Meski jumlahnya cukup banyak, aluminium jarang ditemukan dalam bentuk aslinya. Biasanya, aluminium terdapat dalam batuan sejenis bauxite dan cryolite.

- Sifat Aluminium

Aluminium mempunyai konduktor listrik yang baik, ringan dan kuat. Serta merupakan konduktor yang baik terhadap panas, dapat ditempa menjadi lembaran, ditarik menjadi kawat dan diektrusi menjadi batangan dengan bermacam-macam penampang dan juga tahan korosi. Aluminium banyak diaplikasikan pada kabel bertekanan tinggi, jendela pesawat terbang, peralatan masak, panci, kaleng susu dan lain sebagainya.

2.5.2 Stainless Steel

Baja tahan karat atau lebih dikenal dengan *Stainless Steel* adalah senyawa besi yang mengandung sekitar 10% Kromium yang mencegah proses pengkaratan logam. Kemampuan tahan karat diperoleh dari terbentuknya lapisan film oksida Kromium, dimana lapisan oksida ini menghalangi proses oksidasi besi membuat baja ini tidak bisa berkarat.

- **Sifat Stainless Steel**

Stainless Steel sejatinya bukan penghantar panas (konduktor) yang baik, dalam kondisi atau suhu tertentu peralatan stainless steel dapat menghantarkan panas maupun listrik. Karena itu pada peralatan masak selalu dilapisi dengan pelat tembaga atau aluminium pada bagian alas/dasarnya agar pemanasan lebih cepat dan merata.

2.5.3 konduktivitas thermal dan titik lebur dari beberapa bahan

- **Konduktivitas thermal**

Konduktivitas atau keterhantaran termal (K), adalah suatu besaran intensif bahan yang menunjukkan kemampuannya untuk menghantarkan panas. Konduksi termal adalah suatu fenomena transport di mana perbedaan temperatur menyebabkan transfer energi termal dari satu daerah benda panas ke daerah yang sama pada temperatur yang lebih rendah. Panas yang di transfer dari satu titik ke titik lain melalui salah satu dari tiga metode yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

Table 2.1 Nilai konduktivitas termal dari beberapa bahan

BAHAN	k (Watt/m.K)
Perak (Silver), Ag	429
Tembaga (Copper), Cu	401
Aluminium Murni, Al	237
Rhodium, Rh	150
Nikel (Nickel), Ni	90,7
Stainless Steel, AISI 302	15,1
Concrete Block, 20 cm thick	1,1
Asbestos-Cement Board	0,58
Plywood	0,12
Aspal (Asphalt)	0,062