

BAB II

DASAR TEORI

2.1 PROSES ELEKTROFORESIS

Elektroforesis adalah pergerakan molekul-molekul kecil yang dibawa oleh muatan listrik akibat adanya pengaruh medan listrik³. Pergerakan ini dapat dijelaskan dengan gaya Lorentz, yang terkait dengan sifat-sifat dasar listrik bahan yang diamati dan kondisi listrik lingkungan:

$$\vec{F}_e = q\vec{E}$$

Dengan F adalah gaya Lorentz, q adalah muatan yang dibawa oleh objek dan E adalah medan listrik.

Gel agarose merupakan media untuk menempatkan fragmen DNA atau RNA. Pembentukan gel Agarose dengan melakukan pemanasan serbuk jel dengan air antara 65-70°C, setelah gel terbentuk lalu direndam dalam alat elektroforesis yang berisi *matrix buffer (TAE)*⁴ dimana aliran listrik dialirkan melalui elektrode yang ditanam pada sudut-sudut alat AGE.

Pergerakan muatan listrik pada *buffer* menyebabkan timbulnya kalor. Besarnya kalor sebanding dengan daya yang digunakan pada proses elektroforesis dalam satuan [Watt]. Distribusi kalor pada alat AGE tidak merata yang disebabkan karena faktor bentuk alat yang mengakibatkan resistansi pada larutan *buffer* berbeda.

³ Boffey, S. 1986. Molecular Biology Techniques. P153-196 dalam Wilson, K. dan Goulding, K.H. (eds). A Biologist's Guide to Principles and Techniques of Practical Biochemistry. 3th ed. Ricahard Clay Ltd. Britain.

⁴ *Buffer solution*, bersifat elektrolit, properties terlampir

$$P = I^2 R = q \quad [\text{W}] \quad (2.1)$$

$$\rho_1 = \frac{RA}{\ell} \quad (2.2)$$

$$\frac{\rho_0 - \rho_1}{\rho_0} = \alpha(T_0 - T_1) \quad (2.3)$$

Dimana :

P = Daya yang digunakan pada saat proses elektroforesis [W]

I = Arus yang mengalir pada larutan buffer [A]

R = Hambatan pada larutan buffer [Ω]

Q = Kalor yang ditimbulkan dari proses elektroforesis [W]

ρ_1 = Resistivity hasil pengukuran [$\Omega \cdot \text{m}$]

ρ_0 = Resistivity material [$\Omega \cdot \text{m}$]

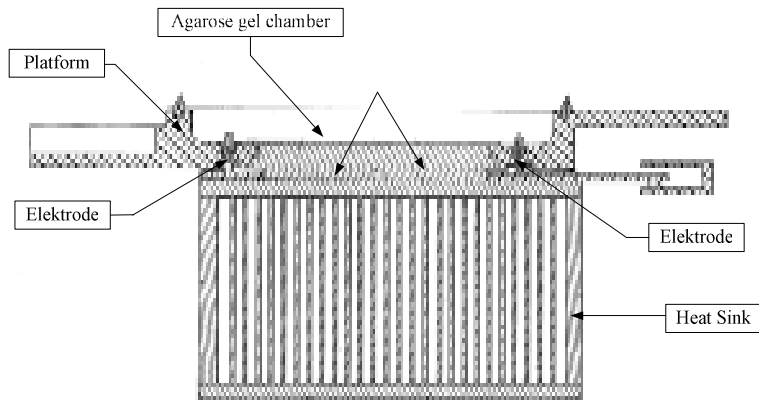
T_1 = Temperatur setelah dialiri listrik [$^{\circ}\text{C}$]

T_0 = Temperatur sekitar [$^{\circ}\text{C}$]

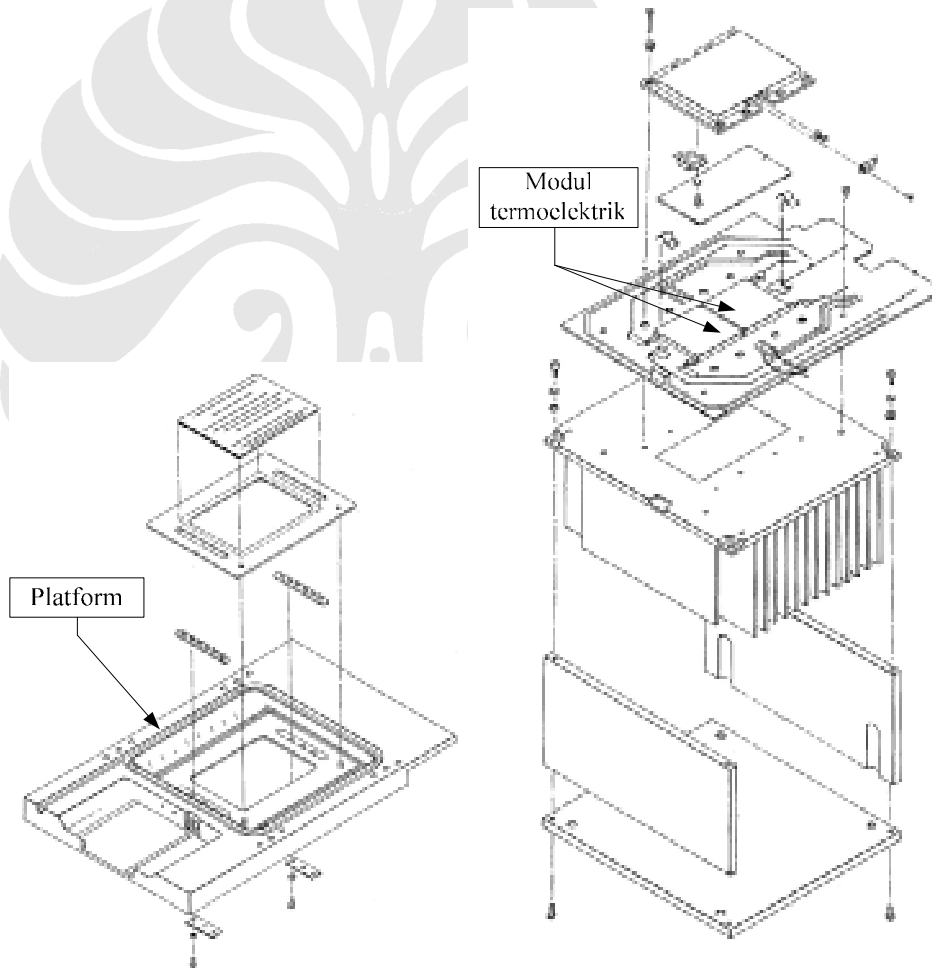
α = Thermal resistivity coefficient [$^{\circ}\text{C}^{-1}$]

Elektroforesis terus berkembang sejak pertama kali metode ini ditemukan.

Pengembangan diantaranya bertujuan mempercepat proses elektroforesis, seperti salah satunya pada US patent no. 5.636.203 mengenai penggunaan platform untuk menempatkan elektrode positif-negatif juga sistem pendingin yang sudah terintegrasi didalamnya (gbr 2.1 dan gbr 2.2).



Gambar 2.1 potongan melintang *US patent no. 5.636.203*⁵



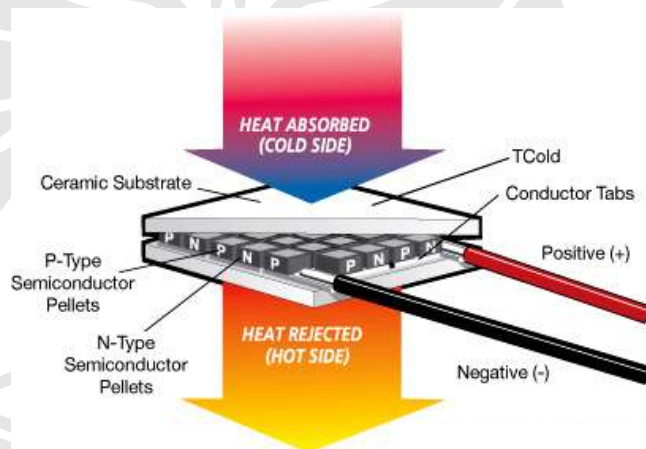
Gambar 2.2 *Assembly US patent no. 5.636.203*

⁵ Robert, J. Sharrine, *Platform for conducting electrophoresis, and electrophoresis plate for use with the platform, US Patent no. 5.636.203, 1997*

2.2 MODUL TERMOELEKTRIK

Modul termoelektrik (TE) adalah alat pemompa kalor yang bekerja dengan merubah beda potensial listrik menjadi perbedaan temperatur. Modul termoelektrik atau disebut juga dengan elemen peltier merupakan aplikasi alat yang bekerja berdasarkan efek peltier atau kebalikan dari efek seebeck.

Efek peltier bekerja ketika sebuah modul yang tersusun dari material semikonduktor tipe-n dan tipe-p dilewatkan arus searah, maka salah satu sisi sambungan semikonduktor tersebut akan menimbulkan panas dan sisi yang lain dingin.



Gambar 2.3 Skema elemen peltier⁶

Dari gbr. 2.3 dapat dilihat bahwa energi dalam bentuk listrik yang diberikan merupakan kalor yang dilepas ke lingkungan dikurangi dengan kalor yang diserap.

$$P_{in} = Q_h - Q_c \quad (2.3)$$

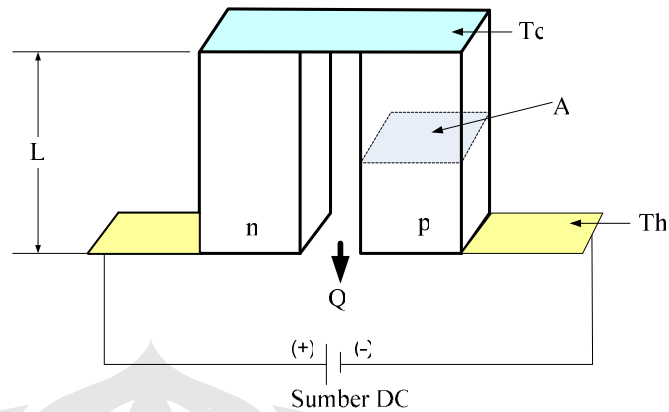
Dimana :

P_{in} = Daya input [W]

Q_h = Kalor yang dilepaskan pada "hot side" elemen peltier [W]

Q_c = Kalor yang diserap pada "cool side" elemen peltier [W]

⁶[http:// www.terullex.com/](http://www.terullex.com/)



Gambar 2.4 Skema penampang sambungan⁷

Kinerja suatu modul termoelektrik secara sederhana dinyatakan dalam bentuk skema pada gbr. 2.4 dan perhitungan panas yang dipompa pada permukaan dingin (Watt)

$$Q_c = 2N \left(\alpha I T_c - \frac{I^2 \rho}{2G} - k \Delta T G \right) \quad (2.4)$$

Dimana :

T_h = Temperatur sisi panas [°C]

T_c = Temperatur sisi dingin [°C]

ΔT = $T_h - T_c$ [°C]

G = A/L [m]

N = Jumlah Junctions pada modul

COP = Coefficient of performance

α = Koefisien Seebeck [V/°C]

k = Konduktivitas thermal [W/(m.°C)]

⁷<http://www.hitsprocessor.com/>

Untuk mengetahui kinerja suatu pendingin biasanya diukur melalui nilai COP yang besarnya :

$$COP = \frac{Q_c}{P_{in}} \quad (2.5)$$

Dari pers. 2.1 maka COP menjadi :

$$COP = \frac{Q_c}{Q_h - Q_c} \quad (2.6)$$

2.3 PERPINDAHAN PANAS

2.3.1 Konduksi

Perpindahan kalor yang terjadi secara konduksi berarti perpindahan kalor/panas tanpa diikuti oleh perpindahan dari molekul benda tersebut.

Perpindahan panas secara konduksi dapat diartikan sebagai transfer energi dari sebuah benda yang memiliki energi yang cukup besar menuju ke benda yang memiliki energi yang lebih rendah.

Persamaan yang di gunakan untuk perpindahan kalor konduksi di kenal dengan Hukum Fourier, yaitu :

$$q = -kA \frac{T_h - T_c}{\Delta x} \quad (2.7)$$

dinama:

q = Energi kalor [W]

Δx = Tebal penampang permukaan [m]

k = Konduktivasi thermal [W/m. °C]

A = Luas permukaan [m²]

T_h = Temperatur yang lebih tinggi [°C]

T_c = Temperatur yang lebih rendah [°C]

Nilai minus, (-) dalam persamaan diatas menunjukkan bahwa kalor selalu berpindah ke arah temperatur yang lebih rendah.

Jika suatu benda padat disusun berlapis dari material yang berbeda, maka untuk mengetahui nilai perpindahan kalor yang terjadi dapat digunakan pendekatan sistem resistansi listrik. Besarnya tahanan termal yang terjadi adalah perbandingan selisih suhu diantara kedua permukaan (T_o-T_l) dengan laju aliran kalor q [J/s].

Untuk mencari nilai tahanan termal dari suatu material padatan digunakan rumus:

$$R_T = \frac{T_o - T_l}{q} = \frac{l}{kA} \quad (2.8)$$

dimana:

R_T = Tahanan thermal [$^{\circ}\text{C}/\text{W}$]

q = Energi kalor [W]

k = Konduktivitas thermal [W/m. $^{\circ}\text{C}$]

A = Luas permukaan [m^2]

T_o = Temperatur yang lebih tinggi [$^{\circ}\text{C}$]

T_l = Temperatur yang lebih rendah [$^{\circ}\text{C}$]

2.2.2 Konveksi

Perpindahan kalor yang terjadi secara konveksi berarti perpindahan kalor tersebut disertai dengan gerakan molekul benda tersebut. Contohnya adalah pada saat memanaskan air. Pada air yang kita panaskan terlihat bahwa molekul air yang panas akan bergerak naik sedangkan molekul air yang bersuhu lebih dingin akan

turun karena berat jenisnya lebih berat. Pergerakan yang terjadi pada molekul air ini yang dapat kita sebut sebagai perpindahan kalor yang terjadi secara konveksi .

Konveksi sendiri dapat dibagi menjadi dua, yaitu konveksi bebas atau konveksi alamiah terjadi apabila pergerakan fluida di karenakan gaya apung (*buoyancy force*) akibat perbedaan densitas fluida tersebut. Perbedaan kerapatan itu sendiri bisa terjadi karena adanya perbedaan temperatur akibat proses pemanasan. Sedangkan pada konveksi paksa pergerakan fluida terjadi akibat oleh gaya luar seperti dari *fan* atau *pump*. Pada perpindahan kalor konveksi berlaku hukum pendinginan Newton, yaitu:

$$q = h.A (T_s - T_\infty) \quad (2.9)$$

dimana :

q = energi kalor [W]

h = koefisien perpindahan kalor konveksi [W/m²°C]

A = luas area permukaan [m²]

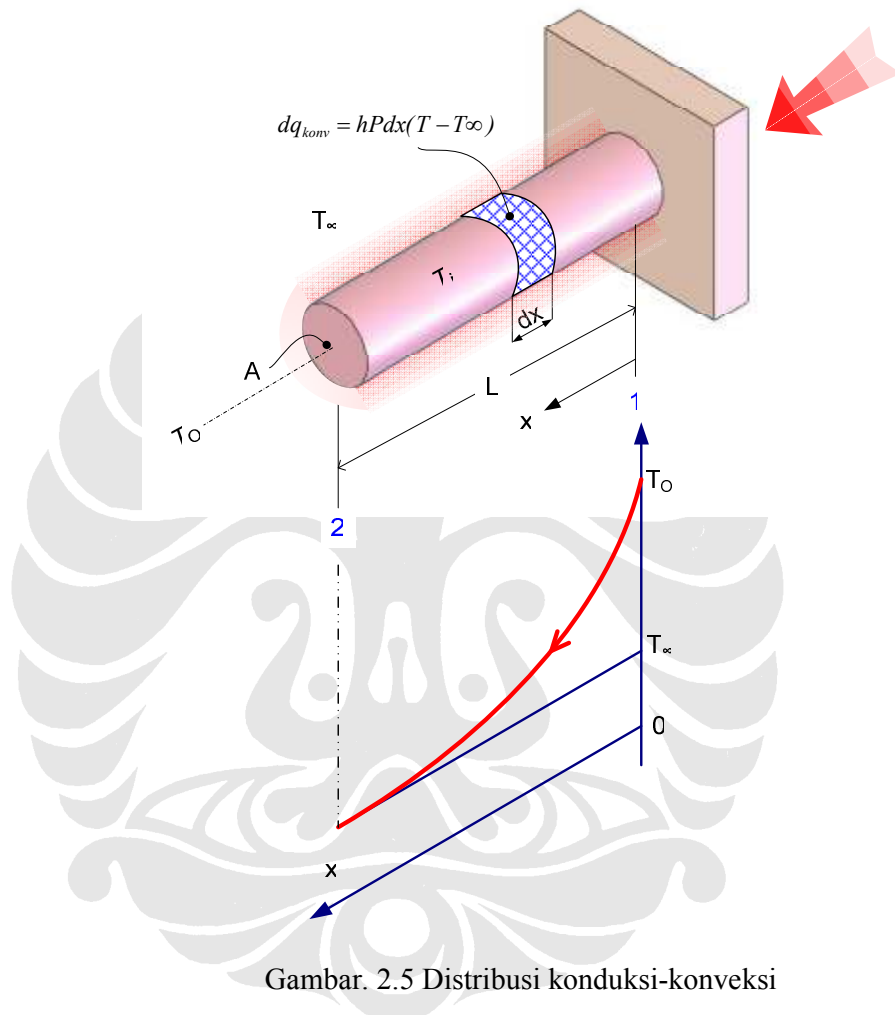
T_s = temperature permukaan [°C]

T_∞ = temperatur ruang [°C]

2.2.3 Konduksi-konveksi

Kalor yang dirambatkan (dikonduksi) melalui benda pejal umumnya dibuang melalui proses konveksi. Misalnya pada *shell and tube heat exchanger* menggunakan tube untuk memisahkan cairan panas sekaligus dapat merambatkan kalor. Perpindahan kalor dari zat cair ke pipa berlangsung dengan proses konveksi. Sedangkan kalor itu sendiri dihantarkan melalui bahan dengan proses

konduksi, dan akhirnya di lepaskan ke lingkungan sekitar. Jadi disini terdapat proses perpindahan panas secara konveksi dan konduksi.



Gambar. 2.5 Distribusi konduksi-konveksi

Pada kasus waterfin, sirip berbentuk silinder (gbr. 2.5) yang mempunyai suhu permukaan (T_o) yang bersinggungan dengan fluida lingkungan yang suhunya (T_∞). Pendekatan untuk masalah ini dilakukan dengan membuat neraca energi⁸ yaitu :

⁸ C. Reynolds, William, Engineering thermodynamics, Kagakusha, Second Edition: McGraw-Hill, 1977.

Jumlah energi masuk di titik 1 = energi keluar di titik 2 + rugi energi karena konveksi

Dimana luas bidang kontak konveksi adalah suatu luas penampang (A) dan kelilingnya (P), maka kuantitas energi adalah :

$$\text{Energi masuk di titik 1} = q_x = -kA \frac{dT}{dx}$$

$$\text{Energi keluar di titik 2} = q_{x+dx} = -kA \frac{dT}{dx} \Big|_{x+dx}$$

$$\text{Rugi energi karena konveksi} = hPdx(T - T_\infty)$$

Sehingga persamaan kesetimbangan energi dapat dituliskan

$$\frac{T - T_\infty}{T_0 - T_\infty} = e^{-x \sqrt{\frac{hp}{kA_c}}} \quad \theta = T - T_\infty \quad \frac{\theta}{\theta_0} = e^{-x \sqrt{\frac{hp}{kA_c}}}$$

atau $\theta_0 = T_0 - T_\infty$ jadi

2.2.4 Aliran Kalor Transien

Untuk mengetahui rugi kalor sesudah waktu tertentu dan pada jarak tertentu pula pada tiap panjang silinder fin perhitungannya melalui beberapa parameter. Parameter pertama adalah mengetahui distribusi batas konveksi silinder terhadap lingkungan sekitar melalui grafik *Axis temperatur for infinite cylinder of radius r_o* . (lampiran graf. 1). Parameter yang digunakan adalah :

$$\frac{h\sqrt{\alpha\tau}}{k} \quad \text{dan} \quad \frac{x}{2\sqrt{\alpha\tau}} \quad \text{dengan :}$$

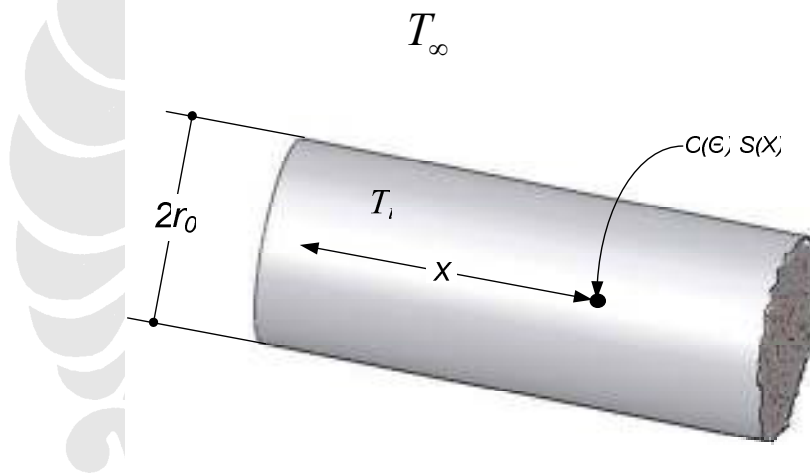
α = Kecepatan luasan tembus suhu [m^2/s]

x = Jarak tertentu pada panjang silinder fin [m]

Parameter kedua adalah mencari perbandingan suhu sumbu dengan suhu permukaan $\{\theta / \theta_i = C(\theta)\}$ yang dapat dilihat dari grafik suhu sebagai fungsi suhu sumbu pada silinder tak-berhingga (lampiran graf. 2) dan distribusi suhu pada benda padat semi-tak hingga dengan kondisi batas konveksi $\{\theta / \theta_i = S(X)\}$ dapat dilihat pada lampiran graf. 3.

Jadi penyelesaian untuk silinder tak-berhingga adalah :

$$\left(\frac{\theta}{\theta_i}\right)_{\text{sil. semi-tak-berhingga}} = C(\theta) S(X)$$



Gambar 2.6 Rambatan temperatur pada silinder dengan jarak tertentu

Suhu pada jarak tertentu pada panjang silinder fin adalah

$$T = T_\infty + \left\{ \left(\frac{\theta}{\theta_i}\right)_{\text{sil. semi-tak-berhingga}} \times (T_0 - T_\infty) \right\}$$