

**PEROLAKAN HABA SEMULAJADI YANG BERLAKU DALAM SATU
KOTAK TERTUTUP DAN MEMPUYAI SUMBER HABA
BERDISKRET DI DALAMNYA**

MOHD AMIN RIDHUAN BIN AZMI

Laporan ini diserahkan kepada Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat penganugerahan
Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Termal-Bendalir)

**Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Universiti Teknikal Malaysia Melaka**

April 2007


Saya mengakui bahawa saya telah membaca karya ini dan pada pandangan saya karya ini adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan Ijazah Sarjana Muda kejuruteraan Mekanikal (Termal-Bendalir)

Tandatangan :

Nama Penyelia : Encik Shamsul Bahari b. Azraai

Tarikh :8-5-2007.....

“Saya mengakui laporan ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali ringkasan dan petikan yang tiap-tiap satunya saya jelaskan sumbernya”

Tandatangan : 
Nama Penulis : Mohd Amin Ridhuan Bin Azmi
Tarikh : 8/5/07

Terima kasih saya ucapkan kepada keluarga yang tersayang kerana secara tidak langsung banyak memberi dorongan dan sokongan selama saya berada di Universiti.

Tidak lupa juga kepada Penyelia dan juga pensyarah-pensyarah UTeM yang membantu saya dalam menyiapkan Projek Sarjana Muda ini.

PENGHARGAAN

Segala puji-pujian dan kesyukuran yang tidak terhingga dipanjatkan kepada Allah S.W.T kerana dengan izin Nya, saya dapat menjalankan Projek Sarjana Muda ini dengan baik.

Sekalung ucapan terima kasih saya kepada Encik Shamsul Bahari b. Azraai iaitu selaku penyelia saya. Segala teguran dan tunjuk ajar dan ilmu yang dicurahkan akan saya manfaatkan untuk saya menyiapkan projek ini.

Kepada ibu-bapa saya tercinta serta ahli keluarga saya yang sentiasa memberikan sokongan dan dorongan kepada saya, terima kasih saya hadiahkan. Tanpa sokongan dan dorongan daripada kalian, sudah pasti saya tidak akan dapat mencapai ke tahap ini.

Tidak lupa juga kepada teman-teman seperjuangan yang tidak pernah jemu memberikan pertolongan, tunjuk ajar serta idea yang bernas kepada saya. Tidak lupa juga kepada semua staf FKM yang terlibat membantu dalam projek ini. Semoga berkat kerjasama ini, Allah S.W.T akan membalas kebaikan yang berganda kepada teman-teman sekalian.

Akhir kata, buat semua yang terlibat sama ada secara langsung ataupun tidak langsung, terima kasih saya ucapkan. Mudah-mudahan segala ilmu yang akan dikumpulkan dalam projek ini boleh dimanfaatkan dengan baik kepada orang ramai pada masa akan datang.

ABSTRACT

The purpose of this study is to predict numerically the heat distribution by natural convection in an enclosure with discrete heat sources. The method that used is the Computational Fluid Dynamic simulation. The first case is designed the rectangular enclosure with heat source at the bottom of the wall and the adiabatic wall effects are also studied. The second case is used the rectangular box with two heat sources on the top and the bottom wall. The scope of the studies is to predict numerically the heat distribution in an enclosure by the laminar flow. These investigations are tested in two differences of temperature at 500K and 600K using the ANSYS Multiphysics. The simulation result shows the buoyancy forces affect the natural convection in the rectangular box. The hot fluid with low density will rises at the center of the box to the top of the wall and the cooled fluid will turn down along the side wall to the bottom wall. The adiabatic walls are also effect the distribution of the heat in the enclosure box. In conclusion, the objective of the studied is to predict numerically the heat distributions by natural convection in an enclosure with discrete heat sources are achieved.

ABSTRAK

Dalam analisis dan kajian tentang permindahan haba ini, satu kaedah digunakan untuk mengkaji kesan permindahan haba secara 'Perolakan haba semulajadi yang berlaku dalam satu kotak tertutup dan mempunyai sumber haba berdiskret di dalamnya'. Kaedah yang akan digunakan adalah melalui simulasi CFD. Ujikaji yang akan dijalankan adalah melalui dua kes yang berbeza, iaitu kes pertama 'Satu sumber haba diletakkan di bahagian bawah kotak tersebut' dan kesan dinding adiabatik juga diperhatikan. Kes kedua pula ialah 'Analisis perolakan haba di dalam kotak tertutup dan mempunyai sumber haba di atas dan di bawah kotak tersebut'. Skop kajian ini adalah untuk meramalkan dan mendapat kesan sumber haba berdiskret kepada pengaliran di dalam kotak tersebut yang dilakukan dengan secara laminar. Simulasi dua dimensi ini menggunakan dua suhu yang berbeza iaitu 500K dan 600K dengan menggunakan kod dinamik bendalir berkomputer, ANSYS Multiphysics. Keputusan kajian menunjukkan kesan daya keapungan mempengaruhi penyebaran haba dalam kotak tersebut. Haba yang panas dan mempunyai ketumpatan yang rendah akan naik melalui tengah kotak tersebut dan naik sampai ke atas serta tersebar ke dinding tepi. Manakala apabila ia sejuk dan ketumpatannya bertambah ia akan turun melalui dinding tepi terus turun ke dinding bawah semula. Kesan dinding adiabatik juga dikaji dalam setiap kes yang dijalankan. Secara kesimpulannya, objektif untuk mencari perolakan haba semulajadi yang berlaku dalam satu kotak tertutup dan mempunyai sumber haba berdiskret di dalamnya tercapai.

ISI KANDUNGAN

Muka Surat

PENGHARGAAN	iv	
ABSTRACT	v	
ABSTRAK	vi	
ISI KANDUNGAN	vii	
SENARAI GAMBARAJAH	x	
SENARAI JADUAL	Xiii	
TATANAMA	xiv	
SENARAI LAMPIRAN	xvi	
BAB 1	Pengenalan	1
1.1	Permindahan haba	1
1.2	Konduksi	2
1.3	Sinaran	4
1.4	Perolakan	5
1.5	Perolakan Bebas	7
	1.5.1 Perolakan Bebas dalam Kotak Tertutup	10
1.6	Objektif	12
1.7	Skop Kajian	12
1.8	Kepentingan Kajian	13

BAB 2	KAJIAN ILMIAH	14
2.1	Pengenalan	14
2.2	Kepentingan Projek Analisis	14
2.3	Persamaan Penaklukan	15
2.4	Computational Fluid Dynamics	16
2.4.1	Kaedah Berdiskret	17
2.5	ANSYS MULTIPHYSICS	18
2.5.1	Persamaan Pengaliran Laminar	20
2.6	Penilaian Rangkap Arus dan Nombor Nusselt	22
2.6.1	Rangkap Arus	22
2.6.2	Nombor Nusselt	23
2.7	Kajian Analisis	25
2.7.1	Kajian 1	25
2.7.2	Kajian 2	28
2.8	Kesan-Kesan Nombor Rayleigh	29
BAB 3	METHODOLOGI	31
3.1	Pengenalan	31
3.2	Kenyataan Masalah	31
3.3	Langkah-langkah Membuat Simulasi ANSYS MULTIPHYSICS	34

BAB 4	KEPUTUSAN & PERBINCANGAN	51
4.1	Keputusan Analisis	53
4.1.1	Kes 1 (a)	54
4.1.2	Kes 1 (b)	58
4.1.3	Kes 2	62
4.2	Perbandingan Keputusan Kajian	66
BAB 5	RUMUSAN & CADANGAN	68
RUJUKAN		70
LAMPIRAN		71

SENARAI GAMBARAJAH

	Muka Surat
1.1 Graf menunjukkan arah aliran haba dan penebat wayar serta arah aliran haba	4
1.2 Permindahan haba perolakan pada plat mengufuk	6
1.3 Lapisan sempadan pada plat mengufuk	8
1.4 Perolakan dalam kotak tertutup pada permukaan menegak	11
2.1 Sistem Analisis untuk kotak berongga oleh Tanmay Basak	26
2.2 $\theta(X,0)=1$ dengan $Pr=0.7$ dan $Ra=10^3$. Arah mengikut dan melawan jam menunjukkan melalui negatif dan melalui positif untuk rangkap arus	27
2.3 $\theta(X,0)=1$ dengan $Pr=0.7$ dan $Ra=10^5$. Arah mengikut dan melawan jam menunjukkan melalui negatif dan melalui positif untuk rangkap arus	27
2.4 Sistem Analisis untuk kotak Berongga oleh I. Sezai dan A.A. Mohamad.	28
2.5 Rangkap Arus dan juga kontur suhu dengan $Pr=0.71$ dan $Ra=10^3$.	30
2.6 Rangkap Arus dan juga kontur suhu dengan $Pr=0.71$ dan $Ra=10^5$.	30
3.1 Perolakan haba dalam kotak tertutup dan mempunyai haba berdiskrit di bawah	32

3.2	Perolakan haba dalam kotak tertutup dan mempunyai haba berdiskrit di bawah	32
3.3	Perolakan yang berlaku di dalam kotak tertutup dengan sumber haba dibawah dan diatas	33
4.1	Analisis bersuhu 500K	54
4.1.1	Kes 1 (a) (Satu pemanas)	
	(a) Graf kadar pertukaran melawan Jumlah iteration	55
	(b) Kontur Suhu	55
	(c) Rangkap Arus	55
	(d) Vektor Halaju	55
4.2	Analisis bersuhu 600K	56
	(a) Graf kadar pertukaran melawan Jumlah iteration	56
	(b) Kontur Suhu	57
	(c) Rangkap Arus	57
	(d) Vektor Halaju	57
4.3	Analisis bersuhu 500K	58
4.1.2	Kes 1 (b) (Satu pemanas)	
	(a) Graf kadar pertukaran melawan Jumlah iteration	58
	(b) Kontur Suhu	59
	(c) Rangkap Arus	59
	(d) Vektor Halaju	59
4.4	Analisis bersuhu 600K	60
	(a) Graf kadar pertukaran melawan Jumlah iteration	60
	(b) Kontur Suhu	61
	(c) Rangkap Arus	61
	(d) Vektor Halaju	61
4.5	Analisis bersuhu 500K	62
4.1.3	Kes 2 (Dua pemanas)	
	(a) Graf kadar pertukaran melawan Jumlah iteration	62
	(b) Kontur Suhu	63
	(c) Rangkap Arus	63

	(d) Vektor Halaju	63
4.6	Analisis bersuhu 600K	64
	(a) Graf kadar pertukaran melawan Jumlah iteration	64
	(b) Kontur Suhu	65
	(c) Rangkap Arus	65
	(d) Vektor Halaju	65
4.7	Kontur suhu 500K dan 600K – Kes 1 (a)	66
4.8	Kontur suhu 500K dan 600K – Kes 1 (b)	66
4.9	Kontur suhu 500K dan 600K – Kes 2	66
4.10	Vektor halaju 500K dan 600K – Kes 1 (a)	67
4.11	Vektor halaju 500K dan 600K – Kes 1 (b)	67
4.12	Vektor halaju 500K dan 600K – Kes 2	67

SENARAI JADUAL

2.1	Elemen pepejal dua dimensi	Muka Surat 20
-----	----------------------------	-------------------------

TATANAMA

g	Pecutan graviti (ms^{-1})
L	Dinding Tepi kotak (m)
Nu	Nombor Nusselt Tempatan
p	Tekanan (pa)
P	Tekanan tidak Bermatra
Pr	Nombor Prandtl
Ra	Nombor Rayleigh
T	Suhu (K)
T_h	Suhu panas plat bawah (K)
T_c	Suhu sejuk dinding tepi (K)
u	komponen halaju - x
U	Halaju tidak bermatra komponen - x
v	komponen halaju - y
V	Halaju tidak bermatra komponen - y
X	Jarak tidak bermatra sepanjang koordinat x
Y	Jarak tidak bermatra sepanjang koordinat y

TATATANDA

α	Kemeresapan termal ($\text{m}^2 \text{s}^{-1}$)
β	Pekali pengembangan isipadu (K^{-1})
θ	Suhu tidak bermatra
ν	Kelikatan kinematik ($\text{m}^2 \text{s}^{-1}$)
ρ	Ketumpatan (kg m^{-3})
Φ	Fungsi asas
Ψ	Rangkap arus

SUBSKRIP

b	Dinding bawah
s	Dinding tepi

SINGKATAN

CFD	Computational Fluid Dynamics
2-D	2 Dimensi
3-D	3 Dimensi

SENARAI LAMPIRAN

	Muka Surat
Carta Gant	71

BAB 1

Pengenalan

1.1 Permindahan Haba

Pemindahan tenaga dikenali sebagai tenaga haba yang dipindahkan di dalam sesuatu benda-benda fizikal seperti objek, cecair dan sebagainya daripada persekitaran ataupun daripada objek-objek yang lain apabila terdapat perbezaan suhu di dalam bahan tersebut. Perkara ini berlaku diantara dua keadaan untuk mencapai keseimbangan termal dan ia juga berlaku daripada keadaan yang lebih panas kepada yang lebih sejuk. Permindahan tenaga termal ini berlaku dalam tiga keadaan iaitu konduksi, Perolakan dan Sinaran.

Permindahan haba juga berkaitan dengan tempoh masa yang diambil dalam sesuatu keadaan berubah kepada keadaan yang seimbang. Menurut 'Hukum Keabadian Tenaga', tenaga tidak boleh dimusnahkan. Begitu juga dengan hukum keabadian jisim dan momentum, ini bermakna haba tidak hilang. Tenaga hanya akan berubah bentuk dari bentuk yang pertama kepada yang kedua. Tenaga akan terus berpindah sehingga mencapai keseimbangan termodinamik. Dalam beberapa dekad yang lalu, pemindahan haba dan termodinamik disatukan kerana mempunyai perkaitan yang rapat. Semasa sistem sedang beralih dari keadaan keseimbangan pertama menuju ke keadaan keseimbangan kedua, proses pemindahan haba berlaku.

Dalam setiap bahan yang berlainan terdapat nilai pekali kekonduksian terma iaitu 'kualiti haba yang dipindahkan melalui sesuatu ketebalan, L , mengikut masa tertentu dalam satu kawasan' dan ia berlaku kerana perbezaan suhu di dalam bahan tersebut.

Dalam proses perolakan, kebiasaannya kita perlu menentukan nilai pekali permindahan haba perolakan, iaitu h . Nilai h ada dua iaitu nilai tempatan, h_x , dan kedua nilai purata atau keseluruhan, \bar{h} . Daripada kajian analisis matra biasanya pernbolch ubah h , L (atau x) dan k berkumpul secara tabii mcm bentuk satu kumpulan yang dikenali sebagai nombor Nusselts (Nu). Mengikut analisis bermatra, dapat ditunjukkan bahawa nombor Nusselts ini berangkapan beberapa kumpulan tanpa matra seperti $Nu = f(Re, Pr, Gr, Ec, M, \text{Nisbah ukuran bentuk jasad})$. Dalam suatu proses olakan tertentu tidak semua kumpulan ini berperanan sama penting. Maka dalam proses perolakan paksa $Nu = f(Re, Pr, \text{Nisbah ukuran bentuk jasad})$. Sementara untuk olakan bebas pula, $Nu = g(Gr, Pr, \text{Nisbah ukuran bentuk jasad})$. Kumpulan ini akan wujud dalam bentuk persamaan berfungsi, dan dalam kajian perolakan haba kita akan menentukan bentuk hubungan berfungsi antara Nu dengan kumpulan yang lain. Cara terbaik untuk menentukan bentuk hubungan berfungsi antara Nu dengan kumpulan yang terlibat adalah melalui ujikaji. Namun demikian pada masa kini manusia dapat menyelesaikan masalah dengan mudah dengan menggunakan komputer berkelajuan tinggi seperti perisian kod dinamik bendalir berkomputer ataupun CFD.

1.2 Konduksi

Konduksi berlaku dalam keadaan pepejal dimana atom-atomnya tersusun rapat. Konduksi ialah permindahan tenaga haba melalui resapan elektron-elektron yang bebas atau getaran yang berbunyi, tanpa aliran pada medium bahan tersebut. Dalam kata lain, haba akan berpindah melalui konduksi apabila terdapat getaran-getaran pada atom-atom

yang bersebelahan dalam medium tersebut ataupun elektron berpindah dari atom ke atom yang lain.

Bahan konduksi yang terbaik ialah besi kerana ikatan kimia diikat secara rapat atau lebih dikenali sebagai ikatan kovalen dan ionik. Tetapi jika dibandingkan dengan kayu, susunan molekul besi lebih rapat daripada kayu. Besi juga dikenali sebagai konduktor kerana boleh mengalirkan elektrik, manakala kayu pula adalah penebat dan tidak dapat mengalirkan elektrik.

Proses konduksi juga tidak berlaku dalam keadaan vakum. Tenaga haba dalam sesuatu kawasan yang dipindahkan melalui konduksi juga berkadaran dengan suhu pada jarak kawasan tersebut. Sifat bahan boleh dilihat samaada konduktor ataupun penebat dengan melihat pekali kekonduksian terma bahan tersebut. Permindahan haba oleh konduksi boleh ditakrifkan sebagai kadar permindahan haba per luas dan berkadaran dengan kecerunan suhu:

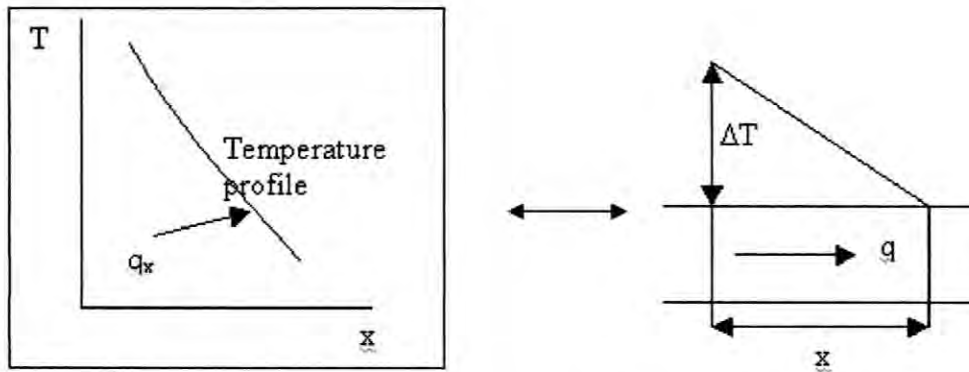
$$\frac{q}{A} \approx \frac{\partial T}{\partial x} \quad (1.1)$$

Apabila permula perbandingan dimasukkan ia menjadi:

$$q = -kA \frac{\partial T}{\partial x} \quad (1.2)$$

dimana; q = kadar permindahan haba dan $\frac{\partial T}{\partial x}$ = kecerunan suhu pada arah aliran

Menurut hukum Biot dan Fourier kadar tenaga haba per kawasan berkadar langsung dengan kecerunan suhu seperti graf di bawah;



Gambarajah 1.1 : Graf menunjukkan arah aliran haba dan penebat wayar serta arah aliran haba

Persamaan ini penting untuk mendapatkan nilai pekali kekonduksian terma, k , iaitu unit watts per meter. Kaedah ini boleh dianggap kaedah asas untuk mencari permindahan haba dalam sesuatu pepejal.

1.3 Sinaran

Sinaran ialah satu permindahan haba melalui sinaran elektromagnet dalam spektrum haba samada dalam keadaan dingin ataupun panas. Semua objek meradiasi haba kecuali dalam keadaan sifar mutlak (dimana dipercayai tidak akan dapat dicapai). Dalam proses radiasi ini, medium tidak diperlukan dan ia akan berlaku lengkap dalam keadaan vakum. Contoh yang mudah dilihat daripada matahari, dimana memancarkan melalui vakum sebelum memanaskan bumi. Daripada persamaan radiasi termal Stefan Boltzman, persamaan tersebut hanya sesuai jika pancaran radiasi digunakan pada badan yang berjasad hitam:

$$q_{\text{emitted}} = \sigma AT^4 \quad (1.3)$$

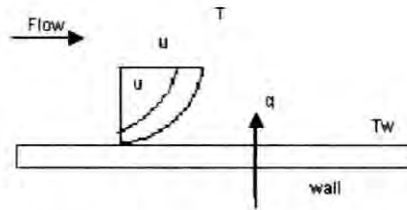
Dari hukum T^4 , kita mengetahui bahawa benda yang berjasad hitam meradiasi tenaga. Perkataan berjasad hitam kerana permukaan yang berwarna hitam, seperti kepingan besi yang disalut dengan karbon hitam, menghampiri sifat tersebut. Contoh permukaan yang lain, seperti cat kilat dan varnish, tidak meradiasi banyak tenaga seperti jasad hitam. Walau bagaimanapun, jumlah pancaran radiasi masuk menggunakan hukum T^4 . Tetapi tidak semua pancaran radiasi ini berlaku dengan lengkap kerana ia akan hilang dalam persekitaran.

1.4 Perolakan

Proses pemindahan haba melalui perolakan pada asasnya merupakan satu fenomena permukaan. Permukaan ini adalah satu permukaan dalam, seperti dinding dalam paip dan permukaan luar sesuatu jasad. Keadaan permukaan juga penting dan mempengaruhi proses pemindahan haba secara perolakan. Mengikut kajian juga, sekeping plat yang diletakkan secara menegak berbeza dengan jumlah haba yang disebarkan jika plat diletakkan secara mengufuk. Proses ini juga boleh dianggap seperti proses pengaliran, kerana dalam proses perolakan, pemindahan jisim dan momentum serta pemindahan haba terjadi serentak, tetapi dalam proses pengaliran jisim bahan tidak bergerak.

Perolakan ialah satu proses pemindahan tenaga keupayaan, contohnya haba dalam bentuk gas ataupun cecair dan plasma, tetapi benda pepejal yang besar seperti mantel bumi juga bertindak seperti bendalir dalam jangka masa yang panjang pada tekanan dan suhu yang tinggi. Perolakan haba juga boleh berada pada perbezaan suhu samada dalam ruangan bendalir ataupun di antara bendalir dengan sempadannya. Apabila terdapat suhu keadaan dimana plat besi yang panas disejukkan dengan cepat

menggunakan kipas ia juga dipanggil proses perolakan haba.



Gambarajah 1.2: Permindahan haba perolakan pada plat mengufuk

Halaju lapisan udara akan berkurangan hingga menjadi sifar pada plat tersebut oleh kerana keadaan likat plat tersebut. Apabila halaju lapisan bendalir menjadi sifar, haba akan dipindahkan dalam keadaan konduksi pada titik tersebut. Persamaan yang digunakan ialah persamaan konduksi dengan nilai 'konduktiviti termal' cecair dan kecerunan suhu cecair pada dinding tersebut. Jika aliran haba berlaku dalam keadaan konduksi pada lapisan ini, cuba kita mempertimbangkan permindahan haba melalui perolakan dan mempertimbangan halaju cecair. Permasalahan ini diperjelaskan dengan takat suhu bergantung pada kadar dimana haba dibawa keluar oleh cecair tersebut. Halaju tinggi akan menghasilkan suhu yang tinggi dan sebaliknya. Takat suhu pada plat bergantung pada medan aliran bendalir tersebut. Dalam proses ini kebiasaannya kita perlu mencari atau menentukan nilai pekali permindahan haba perolakan, iaitu h .

Dalam menyelesaikan masalah ini, mesti mempertimbangkan keadaan dan kaitan antara perolakan dan konduksi, dan untuk menyatakan kesan olakan tersebut, gunakan hukum penyejukan Newton:

$$q = hA (T_w - T_\infty) \quad (1.4)$$

Kadar pemindahan haba berkaitan dengan perbezaan semua suhu di antara plat dan cecair pada permukaan kawasan, A , nilai h dikenali sebagai pekali pemindahan haba melalui perolakan dan dinyatakan dalam persamaan di atas.

1.5 Perolakan bebas

Apabila sesuatu proses pemindahan haba secara perolakan wujud dengan sendiri tanpa dibantu oleh agen luar yang mendorong bendalir persekitaran berolak menyebarkan sejumlah tenaga haba dari satu permukaan ke sekelilingnya, proses itu dikenali pemindahan haba perolakan bebas. Fenomena perolakan bebas merupakan proses yang amat popular dalam proses penyejukan alat elektronik, lampu neon di jalan raya. dan dapur memasak di rumah. Penyejukan secawan air kopi berlaku akibat daripada proses perolakan bebas.

Proses perolakan bebas ini merupakan proses pemindahan haba yang paling biasa terjadi. Walaupun kesan mod pemindahan haba sinaran mungkin juga terhingga dalam beberapa perkara terhentu, misalnya dalam penyejukan plat atau silinder yang baru keluar dari ketuhar, namun begitu proses perolakan bebas memainkan peranan yang paling penting.

$$q = hA(T_w - T_\infty) \quad (1.5)$$

Persarman perolakan (1.5), merupakan andaian secara langsung pemindahan haba perolakan sebagai proses yang paling berkesan.