

PEMODELAN PEMINDAHAN HABA BAGI BANGUNAN YANG TIPIKAL

ZUKHAIRI BIN HUSIN

UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

PEMODELAN PEMINDAHAN HABA BAGI BANGUNAN YANG TIPIKAL

ZUKHAIRI BIN HUSIN

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 2009

“ Saya akui bahawa saya telah membaca kertas kerja ini dan pada pandangan saya ia adalah memadai daripada segi skop dan kualiti untuk penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal Termal-Bendalir”

Tandatangan :

Nama penyelia 1 :

Tarikh :

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

Tandatangan :

Nama Penulis : Zukhairi Bin Husin

Tarikh :

Buat ayahanda, bonda dan keluarga tercinta,
para pendidik serta rakan-rakan seperjuangan.
Ingatan terhadap kalian tidak akan dilupakan.

PENGHARGAAN

Kesempatan ini saya ingin merakamkan ucapan terima kasih saya kepada Prof. Dr. Md. Razali Bin Ayob yang telah banyak membantu dan memberi tunjuk ajar yang baik sebagai seorang penyelia sepanjang tempoh penyelidikan dalam projek ini sehingga siapnya projek ini.

Jutaan terima kasih juga diucapkan terutamanya kepada semua kakitangan Fakulti Kejuruteraan Mekanikal serta semua warga Universiti Teknikal Malaysia Melaka yang secara langsung atau tidak langsung memberi kerjasama dan sokongan dalam menggerakkan projek ini.

Juga penghargaan dan terima kasih diucapkan kepada keluarga yang banyak memberi galakan kepada saya dan semua rakan-rakan di atas kerjasama serta tunjuk ajar yang telah diberikan sepanjang menjayakan projek ini.

Diharap semua kerjasama seperti ini dapat diteruskan oleh semua pihak secara berterusan supaya matlamat penyelidikan dan penghasilan produk baru untuk masa-masa mendatang dapat dicapai dan seterusnya memartabatkan nama universiti di mata dunia.

ABSTRAK

Dengan kepesatan pembangunan pada masa kini serta timbulnya isu kekurangan tenaga didalam kehidupan kita seharian, kesedaran terhadap pentingnya penggunaan sumber tenaga secara efisien semakin meningkat. Pelbagai usaha telah dilakukan untuk meningkatkan tahap kecekapan penggunaan tenaga, dan pemodelan pemindahan haba bagi sesebuah bangunan merupakan salah satu inisiatif yang wujud. Dalam membangunkan model pemindahan haba ini, terdapat beberapa kekangan terutama dari segi iklim dan suhu persekitaran yang berbeza, kelengkapan dan bahan pembinaan yang berbeza dan sebagainya yang memerlukan model pemindahan haba yang berbeza bagi keadaan persekitaran dan iklim yang berbeza. Ujikaji dan analisa bagi menguji keberkesanan model pemindahan haba dilakukan melalui beberapa kaedah seperti pemodelan matematik dan juga menggunakan perisian kejuruteraan seperti CARMEL.

ABSTRACT

The rapidity in recent developments and with the emerge issue of energy shortage, the awareness towards the efficiently energy consumption were increased. Many efforts have been done in order to increase the efficient level of energy consumption, and one of the initiatives that exist is heat transfer modeling for certain buildings. In order to develop this heat transfer modeling, there are few constraints especially weather and temperature differences, equipment and construction materials that differ at each location, and such more that requires different heat transfer model for each different location. Experiment and analysis in order to evaluate the effectiveness of heat transfer model will be done through several methods such as mathematical model and engineering simulation software like CARMEL.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	ix
	SENARAI RAJAH	xi
	SENARAI SIMBOL	xii
BAB 1	Pengenalan	1
	1.1 Haba dan Pemanasan	1
	1.2 Aplikasi Pemindahan Haba	4
	1.3 Objektif Projek	5
	1.4 Skop Projek	6
	1.5 Kepentingan Kajian	7
BAB 2	Kajian Ilmiah	8
	2.1 Komponen Umum Pemindahan Haba	8
	2.2 Pemindahan Haba	9
	2.3 Bangunan Yang Tipikal dan Jenis-jenis Bangunan Tipikal	13
	2.3.1 Bangunan Tipikal Yang Terdapat Di Malaysia	15
	2.4 Model Pemindahan Haba	20

	2.5 Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Model Pemindahan Haba.	21
BAB 3	METODOLOGI	23
	3.1 Pengenalan	23
	3.2 Bangunan Tipikal Yang Dipilih Bagi Model Pemindahan Haba	26
	3.3 Kaedah Uji kaji dan Analisa	27
	3.3.1 Kaedah Permodelan Matematik	28
	3.3.2 Penggunaan Perisian Kejuruteraan CARMEL	31
	3.3.2.1 Pangkalan Data CARMEL	31
BAB 4	KEPUTUSAN & ANALISIS	34
	4.1 Pendahuluan	34
	4.2 Kaedah Permodelan Matematik Menggunakan Kaedah Beban Penyejukan Perbezaan Suhu (CLTD)	35
	4.2.1 Kaedah Pengiraan Menggunakan Formulasi Bagi Kaedah CLTD	37
	4.3 Kaedah Simulasi Menggunakan Perisian Kejuruteraan CARMEL Residential 5.0	49
BAB 5	PERBINCANGAN	54
BAB 6	KESIMPULAN & CADANGAN	57
	6.1 Kesimpulan	57
	6.2 Cadangan Untuk Kajian Masa Hadapan	58
	RUJUKAN	59
	LAMPIRAN	60

SENARAI JADUAL

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
3.1	Formula Yang Digunakan Bagi Menentukan Jumlah Pemindahan Haba (CLTD)	30
4.1	Nilai CLTD Bagi Kediaman Keluarga Tunggal	35
4.2	Faktor Beban Tingkap Kaca (GLFs) Bagi Kediaman Keluarga Tunggal	36
4.3	Kadar Pertukaran Udara (ACH)	36
4.4	Pekali Teduhan dan Faktor-U Bagi Tingkap Kediaman	37
4.6(a)	Dimensi Dan Spesifikasi Umum Model Pemindahan Haba Yang Telah Dipilih	38,39
4.6(b)	Dimensi Dan Spesifikasi Umum Model Pemindahan Haba Yang Telah Dipilih	40,41
4.7	Jenis Bahan Mentah Dan Nilai-U	42
4.8	Data Maklumat Cuaca Bagi Negeri Melaka	44
4.9	Pecahan Dan Jumlah Keseluruhan Beban Pemindahan Haba	47,48
4.10(a)	Pecahan Dan Jumlah Keseluruhan Beban Pemindahan Haba	49

4.10(b) Pecahan Dan Jumlah Keseluruhan Beban Pemindahan Haba	50
4.10(c) Pecahan Dan Jumlah Keseluruhan Beban Pemindahan Haba	51
5.1 Perbandingan Beban Pemindahan Haba Mengikut Kaedah Yang Digunakan	54

SENARAI RAJAH

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Pemindahan Haba Secara Konduksi	10
2.2	Pemindahan Haba Secara Perolakan	11
2.3	Pemindahan Haba Secara Sinaran	12
2.4	Bangunan Tradisional (a,b,c,d,e,f,g)	15, 16, 17
2.5	Bangunan Moden (a,b,c,d,e)	18, 19
3.1	Carta Alir Projek	25
3.2	Aliran Prosedur Pengurusan Semula Pangkalan Data Perisian CARMEL <i>Residential</i> 5.0	32,33
4.1	Pecahan Dan Jumlah Keseluruhan Beban Pemindahan Haba	52

SENARAI SIMBOL

J	=	joule
W	=	watt
U	=	tenaga dalaman
Q	=	tenaga haba
ASHRAE	=	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
CLTD	=	Cooling Load Temperature Different (Beban Penyejukan Perbezaan Suhu)
EER	=	Energy Efficiency Ratio (Nisbah Kecekapan Tenaga)
COP	=	Coefficient of Performance (Pekali Prestasi)
GLFs	=	Glass Load Factor (Faktor Beban Tingkap Kaca)
ACH	=	Air Change per Hour (Kadar Pertukaran Udara Sejam)
SLFs	=	Shade Line Factor (Faktor Garis Teduhan)

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Haba dan Pemanasan

Secara umumnya haba adalah suatu tenaga yang wujud apabila terdapat pemanasan ke atas suatu objek, ataupun apabila terdapat pemindahan tenaga di antara dua atau lebih objek yang berlainan suhu. Dalam istilah moden, haba lebih tepat ditakrifkan sebagai suatu tenaga yang boleh dipindahkan ataupun suatu “tenaga persinggahan”. Seorang ahli fizik Scotland *James Clerk Maxwell*, telah menyatakan dalam buku beliau bertajuk *Theory of Heat (1871)*. Haba boleh dipindahkan melalui 3 kaedah umum iaitu secara konduksi, perolakan, dan sinaran. Secara umumnya haba boleh dipindahkan di antara dua atau lebih objek ataupun kawasan berhampiran objek tersebut apabila wujudnya perbezaan suhu di antara objek-objek tersebut (berdasarkan kepada Hukum Pertama Termodinamik), dan tanpa kehadiran kerja hanya mengikut arah aliran kepada objek yang bersuhu lebih rendah (berdasarkan kepada Hukum Kedua Termodinamik). Pam haba (*heat pump*) merupakan alatan yang digunakan bagi memindahkan haba objek-objek yang bersuhu sama atau lebih tinggi.

Hukum Pertama Termodinamik telah menyatakan bahawa tenaga bagi suatu sistem yang tertutup adalah terpelihara dan tersimpan. Ini bermaksud untuk mengubah tenaga bagi suatu sistem, tenaga mestilah dipindahkan daripada sistem tersebut ataupun sebaliknya. Haba dan kerja merupakan mekanisme yang ada bagi suatu tenaga untuk dipindahkan daripada suatu sistem. Unit yang digunakan dalam menyukat tenaga haba yang dipindahkan dalam *Unit Sistem Antarabangsa* (SI) merupakan *joule* (J), walau bagaimanapun *Unit Terma British* (Btu) dan kalori masih digunakan di sesetengah aplikasi pemindahan haba di Amerika Syarikat dan negara-negara Eropah. Kadar pemindahan haba pula menggunakan unit *watt* ($W=J/s$).

Secara umumnya, pemanasan boleh diklasifikasikan kepada 2 jenis iaitu pemanasan secara berpusat (*central heating*) dan pemanasan secara domestik (*local heating*). Pemanasan secara berpusat pada kebiasaannya dipraktikkan di kawasan-kawasan yang beriklim sejuk di mana ia berfungsi untuk memanaskan atau memberi suhu persekitaran yang selesa bagi bangunan-bangunan awam dan persendirian. Sistem pemanasan secara berpusat ini kebiasaannya mempunyai kelengkapan seperti dandang, relau (*furnace*), atau pam haba (*heat pump*) yang digunakan untuk memanaskan air, stim, atau udara yang kesemuanya berlaku di suatu kawasan yang sepusat; contohnya bilik relau (*furnace room*) bagi rumah kediaman atau bilik mekanikal bagi bangunan-bangunan yang lebih besar.

Secara umumnya, tenaga terma adalah suatu bentuk tenaga kinetik yang dijanakan oleh pergerakan partikel pada peringkat atom dan molekul. Lebih besar pergerakan partikel tersebut lebih besar tenaga terma yang akan dihasilkan. Haba merupakan tenaga terma dalaman yang dipindahkan dari suatu sistem bersuhu lebih tinggi ke sistem lain yang bersuhu lebih rendah. Apabila ada dua sistem yang mempunyai suhu yang sama, sistem tersebut dikatakan sebagai sistem yang seimbang dari segi terma.

Secara langsung haba ada berkaitan dengan tenaga dalaman (U) yang terdapat di dalam suatu sistem dan kerja (W) yang dilakukan oleh sistem tersebut berdasarkan kepada rumus Hukum Pertama Termodinamik iaitu:

$$\Delta U = Q - W$$

Ini bermakna bagi suatu sistem, tenaga pada sistem tersebut boleh berubah atau dipindahkan melalui kerja yang dilakukan oleh sistem tersebut atau melalui pemindahan haba yang merentasi sempadan termodinamik (*thermodynamic boundary*) sistem tersebut. Walau bagaimanapun, tenaga dalaman sesuatu sistem tidak terhad kepada tenaga terma dan kerja yang terdapat pada sistem tersebut malahan ia merupakan jumlah keseluruhan tenaga mikroskopik yang terdapat pada sistem tersebut seperti tenaga kinetik, tenaga pendam (*latent energy*), tenaga kimia, tenaga nuklear, tenaga interaksi, dan tenaga terma.

1.2 Aplikasi Pemindahan Haba

Pemindahan haba akan berlaku apabila ada perbezaan suhu di antara dua atau lebih bahan yang bersentuhan. Pemindahan haba ini berperanan untuk menyeimbangkan suhu kedua-dua bahan tersebut bagi mematuhi hukum keseimbangan terma. Antara aplikasi pemindahan haba yang dapat kita lihat adalah:

1. Penggunaan sistem penyaman udara bagi rumah kediaman, bangunan-bangunan awam atau persendirian bagi mengekalkan suhu persekitaran yang selesa bagi penghuni bangunan tersebut.
2. Sistem pemanasan berpusat ataupun domestik yang digunakan untuk menyalurkan haba kepada air, stim, atau udara untuk kegunaan tertentu seperti untuk menjana tenaga elektrik (turbin stim) dan sebagainya.

1.3 Objektif Projek

Objektif utama kajian ini adalah mengkaji model pemindahan haba sesebuah bangunan yang berada dalam kawasan persekitaran yang berbeza dengan keadaan iklim Malaysia. Dengan mengambil kira perbezaan-perbezaan yang ada pada model pemindahan haba tersebut dengan keadaan persekitaran dan bahan binaan yang terdapat di negara kita, satu model pemindahan haba bagi bangunan yang hampir serupa dengan bangunan tersebut dikemukakan.

1.4 Skop Projek

Skop utama projek ini meliputi kajian model pemindahan haba bangunan yang sedia ada dan mencadangkan sebuah model pemindahan haba bagi bangunan yang sama dengannya, tetapi dengan mengambil kira bahan binaan tempatan dan persekitaran bangunan tersebut. Perbandingan kedua-dua model pemindahan haba ini akan dijalankan melalui dua kaedah iaitu melalui kaedah matematik (*mathematical model*) dan melalui penggunaan perisian kejuruteraan CARMEL.

1.5 Kepentingan Kajian

Kepentingan kajian semasa menjalankan penyelidikan terhadap model pemindahan haba ini adalah untuk melihat model pemindahan haba yang ada dan perkara-perkara lain yang berkaitan dengannya. Di samping itu, perbandingan di antara kaedah-kaedah permodelan matematik yang berkaitan dengan skop projek seperti Kaedah Beban Penyejukan Perbezaan Suhu (CLTD), Kaedah Fungsi Pindah (TFM), Kaedah Fungsi Gerak Balas, dan Kaedah Imbangan Haba dilakukan bagi membuat perbandingan kaedah mana yang lebih tepat mengikut keadaan sebenar yang berlaku pada bangunan yang dipilih sebagai model pemindahan haba tersebut. Seterusnya, perbandingan di antara kaedah permodelan matematik dan kaedah simulasi turut dijalankan bagi menentukan kaedah manakah yang mempunyai data analisis bersifat kebolehpercayaan (reliability) tinggi berpandukan kepada anggapan yang telah ditentukan berbanding keadaan sebenar.

BAB 2

KAJIAN ILMIAH

2.1 Komponen Umum Pemindahan Haba

Secara umum pemindahan haba berlaku melalui tiga mod iaitu:

1. Konduksi (Conduction)
2. Perolakan (Convection)
3. Sinaran (Radiation)

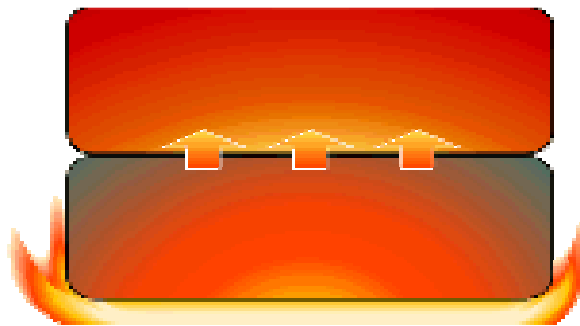
Komponen-komponen pemindahan haba ini berlaku mengikut keadaan yang telah ditetapkan bagi setiap mod pemindahan tersebut. Walau bagaimanapun, kesemua komponen pemindahan haba tersebut berlaku di dalam sebuah rumah kediaman ataupun bangunan-bangunan. Ini kerana, terdapatnya penghuni, penggunaan peralatan dan kelengkapan di dalam bangunan tersebut, serta keadaan suhu persekitaran bangunan yang sentiasa berubah menyebabkan pemindahan haba berlaku melalui kesemua komponen umum pemindahan haba seperti yang telah dinyatakan.

2.2 Pemindahan Haba

Pemindahan haba merupakan satu bidang kajian sains yang merujuk kepada kadar pemindahan tenaga yang mungkin berlaku di antara medium yang berbeza suhu. Pemindahan haba adalah suatu proses yang mematuhi hukum keseimbangan terma, jika dua atau lebih bahan yang bersentuhan di antara satu sama lain dan ada suhunya berbeza, proses pemindahan haba akan berlaku bagi menyeimbangkan keadaan terma bahan-bahan yang bersentuhan tersebut. Kajian mengenai pemindahan haba ini tidak terhad kepada penjelasan mengenai bagaimana tenaga haba boleh dipindahkan malahan turut meramalkan kadar pemindahan tenaga yang berlaku pada keadaan-keadaan tertentu. Ini secara tidak langsung membantu memanfaatkan proses pemindahan haba dan kadar pemindahan haba tersebut dalam pelbagai aplikasi harian seperti pemanasan air, penyamanan udara, penjanaan tenaga elektrik dan kuasa, dan sebagainya.

Pemindahan haba sentiasa berlaku dari bahan atau medium yang panas ke sejuk bagi memenuhi hukum kedua Termodinamik yang menyatakan bahawa haba tidak boleh dipindahkan daripada bahan atau persekitaran yang bersuhu rendah ke bahan atau persekitaran yang bersuhu tinggi. Pernyataan mengenai hukum kedua Termodinamik tersebut diambil daripada *Pernyataan Clausius (Clausius Statement)* oleh *Rudolf Clausius*. Manakala bagi *Lord Kelvin*, beliau telah menyatakan bahawa adalah mustahil untuk menukarkan kesemua tenaga haba kepada kerja, yang secara tidak langsung menjelaskan mengenai hukum kedua Termodinamik iaitu adalah mustahil untuk menukar kesemua tenaga haba daripada suatu sumber tenaga haba yang bersuhu tinggi lalu menukarkan kesemua tenaga haba tersebut kepada kerja. Secara umum, bolehlah disimpulkan bahawa hukum kedua Termodinamik ini memainkan peranan yang penting dalam menentukan sama ada sesuatu pemindahan haba itu boleh berlaku atau tidak berdasarkan sama ada proses balikan (*reversible*) ataupun proses tidak boleh balik (*irreversible*).

Konduksi haba merupakan pemindahan haba pada medium pepejal ataupun bendalir. Dalam skala mikroskopik, pemindahan haba melalui konduksi berlaku dengan pesat melalui getaran pada atom atau pun molekul pepejal tersebut dengan atom atau pun molekul pepejal yang bersentuhan dengan pepejal tersebut yang secara langsung memindahkan tenaga haba di antara atom ataupun molekul pepejal tersebut. Pemindahan tenaga haba ini boleh berlaku secara impak elastik seperti yang berlaku pada bendalir, pembauran elektron bebas (*free electron diffusion*) seperti yang berlaku pada besi pradominan, ataupun melalui getaran fonon (*phonon vibration*) seperti yang berlaku pada penebat pradominan. Takrif konduksi haba juga boleh dipermudahkan dengan anggapan bahawa pemindahan haba secara konduksi hanya boleh berlaku apabila ada atom-atom yang bersebelahan yang bergetar di antara satu sama lain, ataupun apabila ada elektron yang dipindahkan di antara atom-atom tersebut seperti yang ditunjukkan rajah di bawah. Merujuk kepada Rajah 2.1, pemindahan haba berlaku secara konduksi iaitu bahan yang dipanaskan ataupun yang dibekalkan dengan haba memindahkan haba yang dibekalkan kepadanya itu mengikut hukum keseimbangan terma, iaitu dari medium yang bersuhu lebih tinggi ke medium yang bersuhu lebih rendah melalui kaedah konduksi apabila bahan-bahan tersebut bersentuhan. Bagi memudahkan pengiraan kadar pemindahan haba melalui kaedah konduksi haba, dengan mengambil kira keadaan ikatan di antara molekul ataupun atom bagi medium yang berlainan adalah berbeza, penggunaan kekonduksian terma (*thermal conductivity*) digunakan bagi memudahkan pengiraan kadar pemindahan haba yang berlaku secara konduksi dan secara tidak langsung mengatasi masalah perbezaan seperti ikatan molekul dan sebagainya yang terdapat pada medium-medium yang berlainan.



Rajah 2.1: Pemindahan Haba Secara Konduksi