

“Saya akui 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 : Dr. Mohd Yusoff Bin Sulaiman

Tarikh :

**RAMALAN ALIRAN HABA DAN JISIM MELALUI SATU KIPAS
PENUKAR HABA MENGGUNAKAN PEMODELAN CFD**

WAN MOKHTAR BIN WAN ABDULLAH

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

Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Kolej Universiti Teknikal Kebangsaan Malaysia

November 2006

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

Tandatangan : 

Nama Penulis : Wan Mokhtar Bin Wan Abdullah

Tarikh : 24 November 2006

PRAKATA

Dengan lafaz “Dengan Nama ALLAH Yang Maha Pemurah Lagi Maha Penyayang” sebagai pembuka bicara bagi Laporan Projek Sarjana Muda ini. Segala puji-pujian dipanjatkan kepada Yang Maha Esa kerana dengan limpah dan kurnianya dapat saya menyiapkan Laporan ini.

Di kesempatan ini juga, penulis mengucapkan jutaan terima kasih kepada insan-insan yang telah mendidik penulis sehingga saat ini. Tidak lupakan, kepada para siswazah yang masih lagi dalam perjuangan menuntut ilmu, semoga kejayaan ini menjadi perangsang agar kalian terus berjaya kelak. Juga penghargaan dan terima kasih yang tidak terhingga kepada para pensyarah, guru-guru, juruteknik dan rakan-rakan seperjuangan yang telah banyak membantu, semoga ALLAH Merahmati anda semua. AMIN.

“Semoga Allah Meredhai dan Memberi Kejayaan dalam Perjuangan Kita Menuntut Ilmu”

PENGHARGAAN

Di sini, saya ingin merakamkan jutaan terima kasih dan penghargaan kepada penyelia yang memberikan objektif untuk kajian ini yang telah banyak membantu dan memberi tunjuk ajar kepada penulis, juga sebagai penyelia di sepanjang proses penyelidikan projek ini. Juga jutaan terima kasih kepada semua staf akademik dan bukan akademik Fakulti Kejuruteraan Mekanikal, Kolej Universiti Teknikal Kebangsaan Malaysia yang telah banyak memberi kerjasama dan sokongan sama ada secara langsung atau tidak langsung untuk memperkemas dan melancarkan perjalanan projek ini. Diharap kerjasama seperti ini dari semua pihak dapat dikekalkan dan berterusan agar matlamat-matlamat penyelidikan untuk masa-masa mendatang dapat dicapai dan seterusnya memastikan Kolej Universiti Teknikal Kebangsaan Malaysia terus Cemerlang, Gemilang dan Terbilang.

ABSTRAK

Kecekapan bagi sistem penyejukan enjin kenderaan adalah amat bergantung kepada aliran udara yang melalui teras radiator. Taburan aliran udara yang melalui teras radiator adalah berdasarkan kecekapan kipas dan semua rintangan pada laluan masuk dan keluar laluan tersebut. Dalam penyelidikan ini, aliran udara yang diolak masuk oleh kipas melalui system penyejukan enjin kenderaan automotif termasuk unit penukar haba padat, dikaji menggunakan perisian dinamik bendalir berkomputer (CFD). Pemahaman yang mendalam dan menyeluruh terhadap jenis dan ciri pengaliran jisim dan haba merupakan keperluan untuk telahan secara berangka oleh taburan aliran udara dan haba di hadapan dan belakang kipas radiator.

Dalam tesis ini, perisian CFD akan membincangkan tentang taburan aliran haba dan udara secara optimum. Bermula dengan penyelesaian rekabentuk asas yang telah dibandingkan dengan pengiraan data teori, satu siri penyelesaian secara optimum dilakukan untuk mendapatkan ramalan berangka CFD terhadap kipas radiator. Taburan aliran udara yang melalui kipas radiator akan diawasi atau dapat dilihat untuk membolehkan kuantiti aliran udara dapat ditentukan untuk proses yang optimum. Justeru dapat mengkaji tentang ramalan aliran haba dan udara menerusi kipas penukar haba menggunakan pemodelan CFD.

ABSTRACT

The efficiency of the vehicle cooling system strongly depends on the air flow through the radiator core. The air flow distribution depended on the efficiency of the fan and all the restriction in the flow path at inlet and outlet sections. In this research, the air flow through the engine cooling system including the Compact Heat Exchanger (CHE), convected in by the fan unit is analysed using Computational Fluid Dynamics (CFD). A clear understanding of the flow pattern inside the radiator fan is essential for optimizing the radiator fan to predict numerically the heat and air flow distribution upstream and downstream of CHE fan unit..

In this thesis, CFD modelling which enables optimization of airflow distribution inside the radiator cover is discussed. Starting from a CFD solution of the baseline design that was validated against theoretical test data, a series of optimization cases were executed to arrive at the numerical prediction using accurate configuration of the CHE fan unit. The airflow distribution inside the radiator cover and the flow through the radiator core was monitored to provide a quantitative basis for the optimization process. So the result of heat and mass flow predictions through a Compact Heat Exchanger Fan using CFD modeling can be determine.

KANDUNGAN

PENGESAHAN PENYELIA	-
JUDUL	-
PENGAKUAN	ii
PRAKATA	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	x
SENARAI ALIH BAHASA	xi
SENARAI RAJAH	xii
SENARAI SIMBOL	xvi
SENARAI LAMPIRAN	xvii

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
1	PENDAHULUAN	
	1.1 Pengenalan	1
	1.1.1 Haba	1
	1.1.2 Penyerapan	4
	1.1.3 Perolakan	4
	1.1.4 Penukar haba	5
	1.1.5 Jenis-jenis penukar haba	5
	1.1.6 Radiator	7

1.1.7	Aliran Jisim	8
1.1.8	Lapisan Sempadan	11
1.1.9	Pembentukan lapisan sempadan	13
1.2	Objektif PSM	15
1.3	Skop Projek	15
1.4	Kajian dan masalah	16
1.4.1	Kajian	16
1.4.1.1	Haba	16
1.4.1.2	Aliran udara	16
1.4.1.3	Masalah Dan Penyelesaian	17
2	KAJIAN ILMIAH	
2.1	Pengenalan	18
2.1.1	Simulasi terhadap sempadan lapisan aliran atmosfera menggunakan terowong angin	18
2.1.1.1	Grid	25
2.1.1.2	Rod	25
2.1.2	Simulasi boleh meramalkan secara tepat prestasi kipas	27
2.1.3	Simulasi Berangka Untuk Meningkatkan Kecekapan Radiator Melalui Penggunaan Aliran Udara Yang Optimum	31
2.1.3.1	Menetapkan model fizikal	32
2.1.3.2	Menetapkan ciri bahan	35
2.1.3.3	Keadaan sempadan kipas	35
2.1.4	Kajian tentang CFD	
2.1.4.1	Kajian tentang prestasi dalam pelbagai bidang sukan	40

2.1.4.2	Gabungan bidang sains sukan dan kejuruteraan	41
2.1.4.3	Prestasi Motosikal Menggunakan CFD	44
3	KAEDAH KAJIAN	
3.1	Pengenalan	48
3.2	Bahan dan Alatan Kajian	48
3.3	Hasil Kajian Awal	49
3.4	Langkah Prosedur Kajian	55
3.4.1.	Merekabentuk geometri kipas	55
3.4.2.	Melakukan jaringan pada geometri kipas	59
3.4.3.	Penetapan Keadaan Sempadan dan dan Model aliran udara menerusi kipas	62
3.4.4.	Simulasi halangan aliran untuk kipas penukar haba	63
3.4.5.	Simulasi haba dan aliran udara untuk kipas penukar haba	74
4	KEPUTUSAN KAJIAN	
4.1	Kes 1	79
4.2	Kes 2	82
4.3	Kes 3	85
5	PERBINCANGAN	
5.1	Perbandingan keputusan	88
5.1.1	Pengiraan	88
5.2	Kesimpulan	94
	RUJUKAN	95
	LAMPIRAN	97

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
1	Penerangan Bagi Semua Kes	36
2	Perbandingan Ketebalan Lapisan Sempadan	54
3	Dimensi Geometri Kipas	56

SENARAI ALIH BAHASA PERKATAAN

BAHASA MELAYU	BAHASA INGGERIS
Loteng	loft
Lapisan sempadan	boundary condition
Lamina	laminar
Jaring	mesh
Penukar haba padat	compact heat exchanger
Pergolakan/perolakan/gelora	turbulent
Bertingkat-tingkat	stratified
Puncak menara	spires
Lompatan	trips
Penghasil	generator
Bujur	elliptical
Pasak	wedge
Rentangan	spanwise
Keadaan sempadan	boundary condition
Tali suai	shroud
Lelaran	iteration
Lunas	keel

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
1	Pemanasan pada batang besi	2
2	Ketebalan dan Lapisan sempadan	12
3	Putaran bendalir di atas permukaan dinding	14
4	Rod 80mm dengan panel pemandu	20
5	Rod 80mm dengan panel-panel	20
6	Lokasi grid pada bahagian masuk terowong	21
7	Penghasil bentuk bujur	23
8	Kontour pada olakan malar	24
9	Geometri Kipas Dengan sudut 90°	27
10	Jaringan Pada Seluruh Bilah	28
11	Tekanan dan Halaju Untuk Aliran Perlahan	30
12	Tekanan dan Halaju Untuk Aliran Sederhana	30
13	Tekanan dan Halaju Untuk Aliran Tinggi	30
14	Pemasangan Radiator	33
15	Jaringan Permukaan Dengan Menggunakan ANSA	34
16	Taburan Aliran Udara Melalui Radiator	35
17	Perbandingan a) Simulasi Asal, b) Simulasi Kes 1	37
18	Perbandingan a) Simulasi Asal, b) Simulasi Kes 2	37
19	Perbandingan a) Simulasi Asal, b) Simulasi Kes 3	38
20	Perbandingan a) Simulasi Asal, b) Simulasi Kes 4	38
21	Perbandingan a) Simulasi Asal, b) Simulasi Kes 4	39

22	Bacaan Halaju Pada Lokasi Permukaan Radiator	39
23	Aliran Udara untuk Kereta F1	42
24	Aliran Udara ke Arah Belakang Kereta F1	43
25	Simulasi CFD Bagi Perahu Layar	43
26	Gaya Ski Pelompat Dengan Kontur	44
27	Ramalan Aliran Motosikal dan Penunggang	45
28	Aliran Udara Menyelubungi Penunggang Basikal	46
29	Bola Sepak Amerika yang Berpusing	46
30	Trajektori Bola Sepak	47
31	Aliran Udara Bolasepak	47
32	Lakaran Aliran pada Kepingan Rata	49
33	Keadaan Sempadan Kepingan Rata	50
34	Skala Residual	50
35	Vektor Halaju	51
36	Pembesaran Pandangan Halaju Vektor	51
37 (a)	Lapisan Sempadan Pada Kepingan Rata	51
37 (b)	Perbandingan ketebalan lapisan sempadan	54
38 (a)	Pandangan Isometri	55
38 (b)	Pandangan Sisi	56
39	Geometri Bilah Kipas	57
40	Corak Bulatan Bilah	57
41	Teras dan Bilah Kipas	58
41 (a)	Simpan fail berformat fail Iges	58
41 (b)	Langkah Terima Masuk Fail Geometri	59
42	Jaringan Teras Kipas	60
43	Jaringan Teras Dan Bilah Kipas	60
44	Jaringan Kipas dan Terowong Angin	61
45	Jaringan Kipas dan Terowong Angin Yang Diperiksa	61
46	Keadaan Sempadan Kipas Dan Terowong Angin	62

46 (a)	Penetapan Keadaan Sempadan	62
46 (b)	Penetapan Penyelesaian	63
47	Pandangan Bilah Kipas 0 m/s	64
48	Pandangan Teras Kipas 0 m/s	64
49	Pandangan Jarak Hadapan Kipas 60mm 0 m/s	65
50	Pandangan Jarak Hadapan Kipas 120mm 0 m/s	65
51	Pandangan Jarak Belakang Kipas 60mm 0 m/s	66
52	Pandangan Jarak Belakang Kipas 120mm 0 m/s	66
53	Pandangan Bilah Kipas 5 m/s	67
54	Pandangan Teras Kipas 5 m/s	68
55	Pandangan Jarak Hadapan Kipas 60mm 5 m/s	69
56	Pandangan Jarak Hadapan Kipas 120mm 5 m/s	69
57	Pandangan Jarak Belakang Kipas 60mm 5 m/s	70
58	Pandangan Jarak Belakang Kipas 120mm 5 m/s	70
59	Pandangan Bilah Kipas 20 m/s	71
60	Pandangan Teras Kipas 20 m/s	71
61	Jarak Depan 60mm 20 m/s	72
62	Jarak Depan 120mm 20 m/s	72
63	Pandangan Jarak Belakang Kipas 60mm 20 m/s	73
64	Pandangan Jarak Belakang Kipas 120mm 20 m/s	73
65	Kontour Keseluruhan Haba 34 ⁰ C	74
66	Potongan Pada Bilah Kipas 34 ⁰ C	74
67	Potongan Pada Teras Kipas 34 ⁰ C	75
68	Pandangan Belakang Kipas 34 ⁰ C	75
69	Potongan Pada Teras Kipas 55 ⁰ C	76
70	Potongan Pada Bilah Kipas 55 ⁰ C	76
71	Pandangan Belakang Kipas 55 ⁰ C	77
72	Potongan Pada Teras Kipas 80 ⁰ C	77
73	Potongan Pada Bilah Kipas 80 ⁰ C	78
74	Pandangan Belakang Kipas 80 ⁰ C	78
75	Skala Residual komponen halaju pada halaju 0 m/s	79

76	Halaju Udara Paksi Y 0 m/s	80
77	Tekanan Mutlak Arah Paksi Y 0 m/s	80
78	Nombor Reynolds 0 m/s	81
79	Kontour Nombor Reynolds 0 m/s	81
80	Skala Residual komponen halaju pada halaju 5 m/s	82
81	Halaju Udara Paksi Y 5 m/s	83
82	Tekanan Mutlak Arah Paksi Y 5 m/s	83
83	Nombor Reynolds 5 m/s	84
84	Kontour Nombor Reynolds 5 m/s	84
85	Skala Residual komponen halaju pada halaju 20m/s	85
86	Halaju Udara Paksi Y 20m/s	85
87	Tekanan Mutlak 20m/s	86
88	Nombor Reynolds 20m/s	86
89	Kontour Nombor Reynolds 20m/s	87
90	Aliran di Dalam Terowong Angin	89
91	Segitiga Halaju	89
92	Keputusan Simulasi	90
93	Data Hasil Simulasi	92

SENARAI SIMBOL

SIMBOL	DEFINISI
Q	Haba
W	Kerja
U	Daya dalaman
H	Entalpi
A	Luas
V	Halaju
v	Isipadu
t	Masa
ρ	Ketumpatan
\dot{m}	Kadar aliran jisim
p	Tekanan
F	Daya
X	Jarak
T	Tegasan ricih
Q	Kadar alir isipadu
N	Halaju putaran dalam unit putaran per minit (rpm)
D	Garis pusat kipas
T	Daya kilas
ω	Halaju putaran dalam unit radian per saat
ψ	Pekali ketinggian
Φ	Pekali aliran
p_t	Tekanan penuh aliran
p_s	Tekanan statik
μ	Kelikatan
ω	Halaju sudut
π	Pai = 3.142
β	Sudut
η	Kecekapan
P	Kuasa
δ	Ketebalan Lapisan Sempadan
U_∞	Halaju masuk

SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN	TAJUK	MUKA SURAT
A	Carta Gantt PSM 1	85
B	Carta Gantt PSM 2	86
C	Carta alir kerja	87
D	Carta Alir Proses Simulasi	88

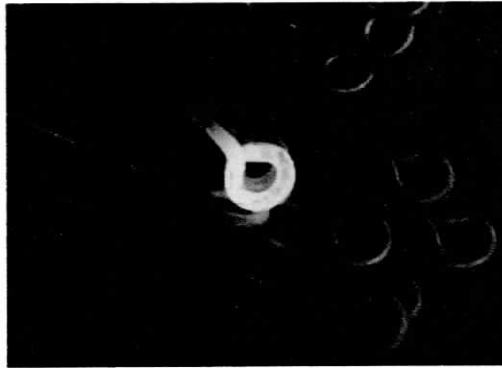
BAB 1

PENGENALAN

1.1 Pengenalan

1.1.1 Haba

Dalam ilmu fizik, haba, Q , adalah ditakrifkan sebagai tenaga dalam peralihan. Umumnya, haba merupakan bentuk pemindahan tenaga dengan pergerakan atom, molekul-molekul dan zarah-zarah. Suhu yang tinggi boleh terhasil dalam pemindahan haba yang tinggi, boleh dicipta oleh reaksi kimia seperti peluapan, tindakbalas nuklear, geseran elektromagnetik seperti dalam dapur elektrik, atau gerakan mekanikal seperti geseran. Haba boleh dipindahkan antara sesuatu benda oleh proses radiasi, konduksi dan perolakan. Suhu, ditakrifkan sebagai langkah, ditakrifkan sebagai sukatan satu objek secara spontan melepaskan tenaga, adalah digunakan sebagai satu ukuran daya dalaman atau entalpi untuk pemindahan haba berlaku. Haba hanya boleh dipindahkan antara benda-benda, atau kawasan-kawasan dalam ruang satu objek, suhu ditakrifkan oleh hukum sifar termodinamik, dalam ketiadaan kerja yang dilakukan, hanya berlaku terhadap sesuatu objek yang lebih sejuk hukum kedua termodinamik. Rajah 1 di bawah menunjukkan keadaan di mana sebatang besi yang dipanaskan.



Rajah 1: Pemanasan Pada Batang Besi

Hukum Pertama Termodinamik menyatakan haba dan kerja adalah proses-proses di mana perubahan daya dalaman satu bahan atau benda. Haba akan memindahkan tenaga melalui sempadan satu sistem bergantung kepada suatu kecerunan suhu. Unit SI untuk haba adalah Joule, walaubagaimanapun Unit British Termal masih digunakan dalam negara Amerika Syarikat. Haba merupakan suatu proses kuantiti, dan tenaga haba sebagai kerja adalah untuk tenaga mekanik. Haba mengalir di antara kawasan-kawasan bukan keseimbangan terma antara satu sama lain, ia akan mengalir dari kawasan-kawasan suhu tinggi ke kawasan-kawasan suhu rendah. Semua objek mempunyai daya dalaman, iaitu rangkaian gerakan rawak antara atom atau molekul-molekul. Bila dua objek yang mempunyai suhu berbeza bersentuhan, kedua-duanya akan bertukar daya dalaman sehingga suhu adalah sama, sehingga ia mencapai keseimbangan terma. Jumlah tenaga yang dipindahkan adalah pemindahan haba. Kerja adalah berbeza antara haba, di mana haba adalah berkaitan kepada perubahan dalam daya dalaman dan kerja disebabkan oleh sistem. Haba tempoh adalah digunakan untuk menghuraikan aliran tenaga, sementara daya dalaman adalah digunakan untuk menghuraikan tenaga sendiri.

Dalam penggunaan umum, haba tempoh menunjukkan sesuatu objek itu mempunyai satu suhu yang tinggi. Sesuatu objek yang panas diketahui mengandungi haba berikutan berlakunya pemindahan haba, namun istilah panas terhadap objek tersebut selalu digunakan dalam kehidupan seharian. Kepanasan yang berpindah kepada atau daripada sesuatu objek apabila suhunya berbeza-beza sebelum kenaikan suhu

walaupun sekecil satu darjah celsius adalah dipanggil muatan haba. Muatan haba adalah spesifik atau menjurus kepada setiap objek atau bahan. Apabila merujuk kepada satu kuantiti penukaran haba yang dinamakan haba tentu, terutamanya bergantung kepada komposisi dan keadaan fizikal sesuatu objek. Bahan api yang dijana boleh diramalkan kehangatannya bila terbakar; kepanasan ini dikenali sebagai nilai pemanasan dan disebut sebagai unit kuantiti. Penukaran yang berlaku bergantung kepada satu fasa kepada fasa yang lain, tanpa sebarang perubahan suhu. Kepanasan penukaran semasa satu fasa perubahan dikenali sebagai haba pendam dan bergantung kepada bahan bagi fasa permulaan dan terakhir. Haba adalah berkaitan dengan daya dalaman sistem, U , dan kerja, W oleh hukum pertama termodinamik

$$\Delta U = Q - W \quad (1)$$

yang bermaksud bahawa tenaga dalam sistem boleh berubah sama ada melalui kerja atau melalui haba. Pemindahan haba untuk satu gas unggul pada tekanan malar meningkatkan daya dalaman dan mengakibatkan sempadan membenarkan satu kuasa isipadu gas menjadi lebih besar atau lebih kecil, dengan syarat isipadu tidak diubah.

$$\Delta U + W_{\text{SEMPADAN}} = Q - W_{\text{LAIN}} \quad (2)$$

Jika digabungkan kuantiti $\Delta U + W_{\text{SEMPADAN}}$ maka ia adalah entalpi, H , merupakan satu daripada potensi-potensi termodinamik. Kedua-dua entalpi, H , dan tenaga dalaman, U adalah tahap tertentu. Tahap tertentu kembali kepada permulaan iaitu nilai-nilai dalam proses kitaran seperti enjin haba. Bagaimanapun, untuk proses-proses perubahan yang tidak melibatkan isipadu, medan magnet yang terhasil, atau parameter yang lain, menghasilkan pembeza tepat. Proses adiabatik juga tiada pemindahan haba untuk sesuatu kerja menghasilkan satu pembeza tepat, tetapi ianya melibatkan satu pembeza tak tepat.

1.1.2 Penyerapan

Penyerapan adalah cara biasa untuk sesuatu pemindahan haba dalam satu pepejal berlaku. Pada skala satu mikroskopik, konduksi berlaku pada suhu panas, atau gegaran atom yang pantas dan molekul-molekul berlagu dengan ikatan atom dan molekul-molekul, memindahkan sesetengah daripada tenaga mereka kepada ikatan molekul. Pengaliran elektron satu pepejal logam dengan kadar pengaliran kepada hampir semua pepejal melalui aliran kehangatan. Aliran proton adalah masih ada, tetapi semua membawa kurang daripada 1% tenaga. Elektron-elektron juga mengendalikan arus elektrik melalui penyerapan oleh pepejal-pepejal, terma dan konduktiviti hanya kebanyakannya logam mempunyai kadar nisbah yang sama. Penyerap elektrik yang baik, seperti tembaga, biasanya menyerap haba dengan baik. Kesan Peltier yang mempamerkan kecenderungan elektron-elektron menyerap haba melalui satu kekonduksian pepejal yang mempunyai arus elektrik. Termoelektrik adalah disebabkan oleh hubungan antara elektron-elektron, fluks haba dan arus elektrik.

1.1.3 Perolakan

Perolakan adalah biasanya membentuk haba dominan bagi pemindahan haba dalam cecair dan gas. Ini adalah suatu istilah yang digunakan untuk mencirikan haba kesan serapan dan aliran bendalir. Dalam perolakan, entalpi pemindahan berlaku kesan-pergerakan panas daripada bahagian lebih sejuk bendalir bersama-sama dengan pemindahan haba secara serapan. Sebagai contoh, apabila air dipanaskan di dalam bekas, air panas dari dasar bekas naik lalu memanaskan air di bahagian atasnya. Dua jenis perolakan iaitu perolakan bebas, yang bermaksud dalam keadaan pecutan graviti dan kuasa pergerakan bendalir, dan perolakan dipaksa yang bermaksud penggunaan alat untuk mengacau, kipas atau cara lain digunakan untuk mengerakkan bendalir. Perolakan riang adalah kerana daripada kesan graviti, dan oleh itu tidak berlaku dalam persekitaran mikro graviti.

1.1.4 Penukar Haba

Penukar haba adalah satu alat yang dibina untuk meningkatkan kecekapan pemindahan haba daripada satu bendalir kepada yang lain, sama ada cecair-cecair dipisahkan oleh satu sempadan atau ruang yang bebas supaya bendalir tidak akan bercampur secara langsung. Ianya digunakan dengan meluas dalam sistem penyejukan, penyaman udara, pemanasan ruang, pengeluaran kuasa, dan pemrosesan kimia. Contoh umum satu penukar haba adalah radiator dalam sebuah kereta, di mana bendalir radiator panas disejukkan oleh pengaliran udara pada permukaan radiator. Penukaran haba boleh diklasifikasikan mengikut aliran susunannya. Pada aliran-selari penukaran haba, dua cecair memasuki aliran penukar, dan bercampur antara satu sama lain. Arus yang berlawanan terhadap sesuatu reka bentuk adalah paling cekap, di mana ia dapat memindahkan haba dengan lebih banyak. Dalam satu aliran silang penukar haba, cecair-cecair mengalir tegak kepada satu lagi melalui penukar.

Untuk kecekapan, penukar haba direka untuk memaksimumkan kawasan permukaan dinding antara dua cecair, walaupun mengurangkan tentangan untuk bendalir mengalir melalui penukar. Prestasi penukar juga boleh menjadi bertambah baik jika penambahan sirip dalaman, yang mana akan meningkatkan kawasan permukaan dan boleh menyalurkan aliran bendalir dengan lebih banyak dan meningkatkan perolakan.

1.1.5 Jenis-Jenis Penukar Haba

Satu penukar haba yang biasa adalah tiub penukar haba yang terdiri daripada banyak tiub-tiub kecil di dalam satu tiub yang lebih besar, di mana bendalir yang ingin disejukkan atau dipanaskan akan mengalir dalam tiub-tiub yang kecil. Bendalir kedua akan melalui tiub yang besar untuk dipanaskan atau menyejukkan bendalir pertama. Selain itu jenis penukar haba yang lain adalah penukar haba kepingan. Ia mengarahkan aliran melalui sirip-sirip supaya bendalir aliran dapat dipisahkan oleh kepingan logam dengan luas permukaan yang besar. Jenis plat ini membolehkan haba dapat dikeluarkan

dengan lebih cekap daripada permukaan kepingan logam dan tiub. Kemajuan dalam teknologi gasket telah membuatkan penukar haba jenis plat semakin praktikal.

Jenis ketiga penukar haba adalah penukar haba jana semula. Kehangatan daripada suatu proses akan digunakan untuk memanaskan cecair-cecair untuk digunakan semula dalam proses, dan bendalir yang sama digunakan sama ada pada bahagian penukar haba.

Jenis keempat penukar haba digunakan ialah sesuatu cecair atau pepejal yang sederhana banyak menyimpan kandungan haba, yang kemudian akan dipindahkan kepada bahagian di sebelah penukar haba yang lain untuk dilepaskan. Dua contoh ini adalah proses adiabatik, yang terdiri daripada satu kipas berputar melalui cecair-cecair panas dan sejuk, dan penukar haba dengan gas melalui bendalir dan air kemudiannya akan mengalir ke tempat lain sebelum disejukkan. Ini biasanya digunakan untuk penyejukan gas dan juga ketika proses membuang kekotoran.

Pemanasan atau penyejukan bendalir pada hanya satu fasa, di mana penukar haba boleh digunakan sama ada terhadap cecair panas untuk proses penyejukan dan pendidihan, dan ia digunakan sebagai penyejat untuk menyejukkan satu wap ketika ia ditukarkan kembali kepada keadaan cecair. Dalam logi-logi kimia dan kilang penapis, dandang digunakan untuk memanaskan air dan kemudiannya menyalurkan ke menara-menara penyulingan seterusnya akan memanaskan penukar haba. Satu set ketika meningkatkan penyulingan lazimnya menggunakan penyejat untuk meningkatkan wap penyulingan kembali ke dalam keadaan cecair.

Loji-loji kuasa yang mempunyai wap dijana dengan turbin biasanya menggunakan penukar haba untuk mendidihkan air kepada wap. Penukar haba atau yang berkaitan dengannya untuk mengeluarkan wap daripada air adalah biasanya dipanggil dandang. Dalam kilang-kilang kuasa nuklear ianya dipanggil penekan reaktor air, haba besar yang khas akan menukar haba panas daripada sistem utama loji reaktor untuk bahagian tengah sistem pengukusan, proses mengeluarkan wap dari dalam air, iaitu dipanggil penghasil wap. Semua bahan bakar daripada tumbuh-tumbuhan dan fosil akan