

‘Saya akui bahawa telah membaca
karya ini dan pada pandangan saya karya ini
adalah memadai dari segi skop dan kualiti tujuan penganugerahan
Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Automotif)’

Tandatangan:

Nama Penyelia 1:

Tarikh:

REKA BENTUK PROTOTAIP UNIT
PENYEJUK BAHAN API PETROL

MOHD NAJIB BIN AB RAHMAN

Laporan ini dikemukakan sebagai
memenuhi sebahagian daripada syarat penganugerahan
Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Automotif)

Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Universiti Teknikal Malaysia Melaka

MEI 2008

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

Tandatangan:

Nama Penulis:

Tarikh:

Untuk bonda dan keluarga tersayang

PENGHARGAAN

Saya ingin merakamkan penghargaan terima kasih dan ikhlas kepada penyelia saya En. Ahmad Kamal Bin Mat Yamin atas bimbingan dan dorongan yang diberi sepanjang menjalani Projek Sarjana Muda ini.

Kerjasama daripada pihak pengurusan makmal, terutamanya juruteknik-juruteknik semasa menjalankan fabrikasi dan ujian di makmal amatlah dihargai.

Penghargaan juga ditujukan kepada semua yang terlibat sama ada secara langsung atau tidak langsung membantu menjayakan projek ini. Semoga laporan ini akan menjadi sumber rujukan kepada pelajar lain kelak.

ABSTRAK

Pam bahan api tekanan rendah bagi sistem suntikan bahan api mengepam bahan api pada tekanan lebih kurang 3 bar untuk disuntik ke dalam setiap kebuk pembakaran enjin. Proses pengepaman menyebabkan peningkatkan suhu bahan api dan menurunkan prestasi enjin. Oleh itu, projek ini memfokuskan reka bentuk dan membangunkan prototaip unit penyejuk bahan api yang dapat mengekalkan suhu ideal bahan api dengan berpandukan prinsip reka bentuk penukar haba. Prototaip dipasang pada kereta Proton Satria dan ujian prestasi dilakukan dengan menggunakan mesin ujian prestasi kenderaan (*chassis dynamometer*). Daripada ujian yang dilakukan, unit penyejuk bahan api dapat menyusutkan suhu bahan api sehingga 6°C pada keadaan operasi enjin beban penuh.

ABSTRACT

Low-pressure fuel pumps of electronic fuel injection system (EFI) pressurize the fuel at approximately 3 bar to be injected at each cylinder ports. However, the pumping process would rise a fuel temperature and drop the engine performance. Hence, this project focused on design and prototype development of an automotive fuel cooler with the capability to maintain the ideal fuel temperature by means of heat exchanger principles. The prototype was then installed in Proton Satria car and the performance tests were done using an automotive chassis dynamometer. From the test, the fuel cooler was able to cool down the fuel temperature up to 6°C and ensure the engine operates at high performances.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	<i>ABSTRACT</i>	vi
	KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	x
	SENARAI RAJAH	xi
	SENARAI SIMBOL	xiii
BAB 1	Pengenalan	1
	1.1 Latar Belakang Projek	1
	1.2 Penyataan Masalah	2
	1.3 Objektif	2
	1.4 Skop	2
BAB II	KAJIAN ILMIAH	4
	2.0 Pengenalan	4
	2.1 Sistem Bahan Api Petrol Kenderaan	4

BAB	PERKARA	MUKA SURAT	
	2.2	Bahan Api Petrol	5
	2.2.1	Sifat Bahanapi Petrol	6
	2.2.2	Kunci Wap Air (<i>Vapor Lock</i>)	7
	2.3	Penukar Haba	9
	2.3.1	Jenis-jenis Penukar Haba	9
	2.3.2	Penukar Haba Jenis Cengkerang-dan-Tiub	12
	2.4	Rekabentuk Penukar Haba Jenis Cengkerang-dan-Tiub	12
	2.4.1	Rekabentuk Termal-Hidraulik	13
	2.4.2	Persamaan Asas Perpindahan Haba	15
	2.4.3	Keseluruhan Kecekapan Perpindahan Haba	16
	2.4.4	Kaedah $\epsilon - NTU$	17
BAB III	KAEDAH KAJIAN		20
	3.0	Pengenalan	20
	3.1	Carta Aliran Projek	21
	3.2	Rekabentuk	22
	3.3	Fabrikasi	28
	3.4	Pemasangan Unit Penyejuk Bahan Api Pada Kenderaan	30
	3.5	Persediaan Sebelum Ujikaji	32
	3.6	Ujian Prestasi Enjin	33
	3.3.1	Prosedur Ujian	33
BAB IV	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN		37

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	4.1 Keputusan Ujian	37
	4.4 Perbincangan	41
BAB V	KESIMPULAN DAN CADANGAN	43
	5.1 Kesimpulan	43
	5.2 Cadangan	44
	RUJUKAN	45
	LAMPIRAN	46

SENARAI JADUAL

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
3.1	Nilai yang diperolehi daripada pengiraan prestasi unit penyejuk bahan api petrol.	27
4.1	Data ujian mendapatkan suhu ideal bahan api.	38
4.2	Data ujian unit penyejuk bahan api.	38

SENARAI RAJAH

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Sistem bahanapi kenderaan (Sumber: Erjavec,2000)	5
2.2	Pengubah haba jenis hubungan secara langsung (Sumber: Lienhard,2004)	10
2.3	Penukar haba jenis cengkerang-dan-tiub (Sumber: Cengel,2005)	12
2.4	Skematik masalah penentuan pengkadaran dan penentuan saiz (<i>rating and sizing problem</i>) (Ohadi,2005)	14
2.5	Keberkesanan beberapa penukat haba mengikut susunan. (Sumber: Cengel 2005)	19
3.1(a)	Lukisan unit penyejuk bahan api petrol.	28
3.1(b)	Lukisan unit penyejuk bahan api petrol.	28
3.2(a)	Kepingan keluli tahan karat yang siap dikimpal	29
3.2(b)	Kepingan keluli tahan karat yang siap dikimpal	29
3.3	Tiub tembaga yang siap dibentuk	29
3.4	Cengkerang dan tiub yang siap dicantumkan	30
3.5(a)	Paip getah yang disambung pada laluan balik bahan api	31
3.5(b)	Paip getah yang disambung pada laluan balik bahan api	31

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
3.6(a)	Pengganding suhu (<i>thermocouple</i>) yang disambungkan pada salur masuk dan keluar unit penyejuk bahan api	31
3.6(b)	Pengganding suhu (<i>thermocouple</i>) yang disambungkan pada salur masuk dan keluar unit penyejuk bahan api	31
3.7(a)	Proton Satria 1.5 yang digunakan dalam ujian prestasi kenderaan	32
3.7(b)	Proton Satria 1.5 yang digunakan dalam ujian prestasi kenderaan	32
3.8	Bacaan suhu diambil pada laluan balik bahan api	34
3.9(a)	Unit penyejuk bahan api dimasukkan ais sebelum melakukan ujian prestasi enjin	35
3.9(b)	Unit penyejuk bahan api dimasukkan ais sebelum melakukan ujian prestasi enjin	35
3.10	Bacaan suhu diambil pada salur masuk dan keluar unit penyejuk bahan api	36
4.1	Kuasa (PS) dan daya kilas (kg.M) yang dihasilkan oleh enjin melawan kelajuan kenderaan (km/h) mengikut keadaan suhu laluan balik bahan api bagi sistem yang tidak menggunakan penyejuk bahan api.	39
4.2	Kuasa (PS) dan daya kilas (kg.M) yang dihasilkan oleh enjin melawan kelajuan kenderaan (km/h) mengikut keadaan suhu laluan balik bahan api bagi sistem yang menggunakan unit penyejuk bahan api.	40

SENARAI SIMBOL

Q_c	= kadar perpindahan haba bendalir sejuk, W
Q_h	= kadar perpindahan haba bendalir panas, W
\dot{m}_c	= jisim kadar alir bendalir sejuk, kg/s
\dot{m}_h	= jisim kadar alir bendalir panas, kg/s
h_c	= kecekapan perpindahan haba olakan dalam tiub, W/(m ² K)
h_h	= kecekapan perpindahan haba olakan luar tiub, W/(m ² K)
c_{pc}	= haba tentu bendalir sejuk, J/(kg.K)
c_{ph}	= haba tentu bendalir panas, J/(kg.K)
T_{c1}, T_{h1}	= suhu salur masuk, °C, K
T_{c2}, T_{h2}	= suhu salur keluar, °C, K
ϵ	= keberkesanan penukar haba
\dot{m}	= kadar alir, kg/s
U	= kecekapan keseluruhan perpindahan haba, W/(m ² K)

BAB I

PENGENALAN

1.1 Latar Belakang Projek

Projek reka bentuk prototaip unit penyejuk bahan api petrol ini ialah satu projek yang menggunakan penukar haba untuk mengekalkan suhu di dalam tangki bahan api bagi kenderaan berprestasi tinggi. Biasanya sistem pancitan bahan api elektronik kenderaan berprestasi tinggi telah di naik taraf. Sistem pancitan bahan api kenderaan tersebut memerlukan tekanan yang tinggi supaya enjin menghasilkan kuasa yang tinggi. Tekanan minyak yang tinggi akan menyebabkan suhu bahan api yang balik ke tangki akan meningkat. Suhu bahan api yang tinggi akan memberikan pelbagai masalah kepada komponen sistem bahan api dan juga enjin. Antara masalah utama yang berlaku ialah kunci wap air (*vapor lock*) yang mana cecair bahan api tersebut akan berubah dari cecair kepada gas semasa berada di dalam sistem penghantaran bahan api lagi. Oleh itu, mengekalkan suhu bahan api di dalam tangki sangat penting. Ini dilakukan dengan menurunkan suhu bahan api di dalam laluan balik bahan api sebelum masuk ke dalam tangki bahan api.

Ada banyak jenis reka bentuk penukar haba untuk menyejukkan bahan api. Reka bentuk penukar haba jenis cengkerang-dan-tiub telah dipilih kerana ia mempunyai kapasiti yang besar dan senang direka bentuk. Sebelum bahan api masuk ke tangki, ia mengalir melalui lingkaran tiub tembaga bersalut ais untuk disejukkan terlebih dahulu.

Haba bahan api yang panas akan diserap oleh ais. Sebelum mereka bentuk prototaip unit penyejuk bahan api petrol ini, sistem bahan api kenderaan, sifat bahan api petrol, proses perpindahan haba dan reka bentuk penukar haba perlu dikaji.

1.2 Penyataan Masalah

Sistem pancitan bahan api elektronik kenderaan beroperasi pada tekanan yang tinggi iaitu lebih kurang 3 bar. Tekanan yang tinggi di dalam talian bahan api menyebabkan suhu bahan api yang balik ke dalam tangki meningkat dan mengakibatkan kejatuhan prestasi enjin. Bahan api yang panas ini perlu didinginkan terlebih dahulu supaya suhu bahan api di dalam tangki tidak meningkat akibat perpindahan haba dengan bahan api yang panas. Bahan api di dalam tangki perlu sentiasa berada dalam suhu yang sesuai untuk menghasilkan prestasi maksimum. Oleh itu, unit penyejuk bahan api dipasang pada laluan balik bahan api untuk menyerap haba petrol yang melaluinya.

1.3 Objektif

Mereka bentuk sebuah prototaip unit penyejuk bahan api yang dapat mengekalkan suhu ideal petrol bagi kenderaan berprestasi tinggi.

1.4 Skop

Projek ini meliputi perkara berikut:

- i. Mengetahui suhu ideal bahan api.

- ii. Mereka bentuk dan membuat fabrikasi unit penyejuk bahan api petrol dengan mengambil kira pertimbangan berikut:
 - a. Susunan penukar haba.
 - b. Lokasi untuk menempatkan unit penyejuk bahan api petrol.
- iii. *'Port'* sistem pancitan bahan api.

BAB II

KAJIAN ILMIAH

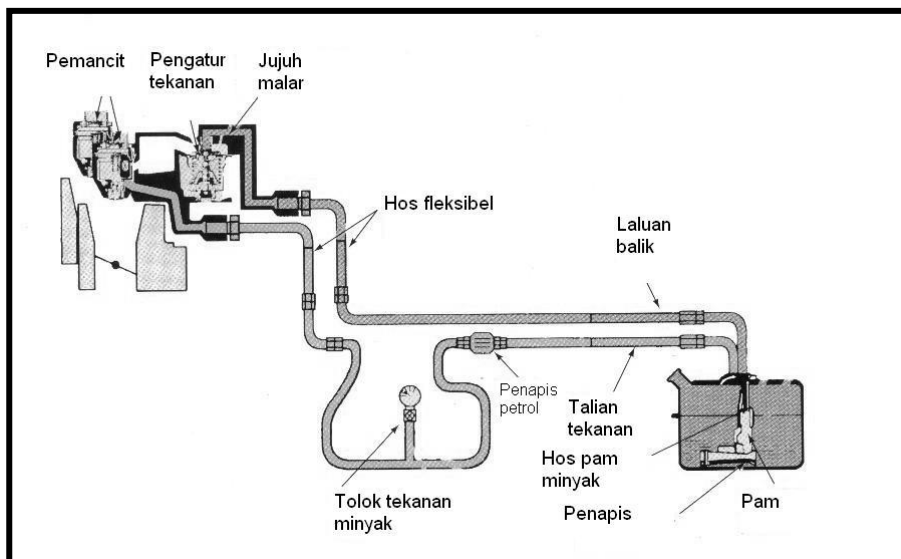
2.0 Pengenalan

Dalam kajian ini, maklumat yang sesuai mengenai penukar haba dan sifat bahan api amat diperlukan. Beberapa tajuk kecil seperti sistem bahan api kenderaan, sifat bahan api, penukar haba, jenis-jenis penukar haba, reka bentuk penukar haba dan rumus-rumus yang berkaitan reka bentuk penukar haba akan dibincangkan dalam bab ini.

2.1 Sistem Bahan Api Petrol Kenderaan

Sistem bahan api kenderaan berfungsi untuk membekalkan bahan api enjin supaya bercampur dengan udara sebelum di bakar di dalam kebuk pembakaran.

Sistem pancitan bahan api elektronik ialah jenis sistem peredaran iaitu bahan api disedut dari tangki ke enjin dan lebihan kegunaan enjin dihantar balik ke tangki. Bahan api disedut keluar oleh pam dari tangki bahan api dan dihantar ke pemancit bahan api untuk disembur ke dalam kebuk pembakaran. Lebihan bahan api dihantar balik ke tangki bahan api melalui laluan bahan api balik.



Rajah 2.1: Sistem bahan api kenderaan (Sumber: Erjavec,2000)

Sistem bahan api kenderaan mempunyai beberapa komponen seperti tangki, pam bahan api, penapis bahan api, rel bahan api, pemancit, dan pengatur tekanan bahan api. Pam bahan api bekerja untuk mengempam bahan api yang diperlukan oleh enjin. Pam bahan api digerakkan secara elektrik atau elektronik. Ia digerakkan oleh motor elektrik magnet kekal yang bersepadu bersama pam bahan api tersebut. Bahan api mengalir melalui pam bahan api dan motor ketika sistem digerakkan. Pam akan menghantar bahan api lebih dari yang diperlukan oleh enjin. Oleh itu tekanan di dalam sistem peredaran bahan api dapat dikekalkan setiap masa. Pengatur bahan api pula mengekalkan tekanan bahan api antara pam dengan pemancit.

2.2 Bahan Api Petrol

Bahan api petrol ialah sejenis sebatian hidrokarbon cair yang mudah meruap dan terbakar. Petrol digunakan sebagai bahan api untuk enjin pembakaran dalam. Bahan kimia tambahan seperti plumbum, bahan pembersih dan anti-oksida dicampurkan bersama petrol untuk meningkat atau menambah baik sifat operasi petrol tersebut. Bahan

tambahan anti-ketukan diguna untuk merendahkan titik penyalaan dan pembakaran bahan api petrol. Ini dapat mengelak berlakunya ketukan dan bunyi berdenting semasa pembakaran. Petrol berplumbum mengandungi bahan tambahan plumbum yang membolehkan enjin yang mempunyai nisbah mampatan yang tinggi tanpa berlakunya penyalaan sendiri di dalam kebuk pembakaran. Sifat bahan api petrol yang baik adalah:

- Kadar kemeruapan (kecepatan bahan api untuk meruap) yang tinggi.
- Rintangan kepada ketukan bunga api atau letupan.
- Perencat oksida untuk menghalang pembentukan perlekatan bahan api di dalam sistem bahan api.
- Agen anti-karat untuk menghalang berlaku pengurangan kepada bahan logam di dalam sistem bahan api.
- Pembersih untuk mengekalkan kebersihan sistem bahan api.

2.2.1 Sifat Bahan Api Petrol

Bahan api perlu mempunyai kualiti agar dapat berfungsi dengan baik dan pembakaran berlaku secara homogen dalam apa jua keadaan.

Kadar Kemeruapan

Kecepatan bahan api petrol untuk meruap dipanggil kadar kemeruapan. Nilai kadar kemeruapan yang tinggi menunjukkan bahan api petrol itu meruap dengan cepat dan jika kadar kemeruapan rendah pula adalah sebaliknya. Sifat bahan api petrol yang baik adalah mempunyai nilai kadar kemeruapan yang betul menurut iklim tempat yang digunakan. Bahan api petrol terlalu cepat meruap boleh menyebabkan berlakunya kunci wap air (*vapor lock*).

Kualiti Anti-Ketukan

Enjin petrol yang moden mempunyai nilai mampatan yang tinggi. Campuran petrol dengan udara amat cenderung untuk menyala atau meletup dengan sendiri dan ini menyebabkan pembakaran yang tidak seragam. Hasilnya berlakunya ketukan, denting dan letupan di dalam kebuk pembakaran. Oleh kerana itu petrol perlu mempunyai sifat yang tidak mudah meletup.

Pengelasan Oktana

Petrol yang mudah meletup dipanggil sebagai petrol oktana-rendah. Petrol yang dapat menahan berlakunya letupan pula dikenali sebagai petrol oktana-tinggi. Pengelasan oktana dinilai berdasarkan kepada kemampuan bahan api tersebut menahan berlakunya ketukan atau denting. Nilai oktana tinggi menunjukkan bahawa petrol tersebut tidak mudah berlaku ketukan atau denting. Petrol jenis ini sesuai digunakan untuk enjin yang mempunyai nilai mampatan yang tinggi atau untuk sistem pengecas turbo. Petrol oktana-rendah pula sesuai digunakan untuk enjin yang mempunyai nilai mampatan yang rendah. Nombor oktana akan menyatakan nilai anti-ketukan pada bahan api tersebut. Petrol yang mempunyai nilai oktana 91 dapat menahan berlakunya denting dengan lebih baik berbanding petrol yang mempunyai nilai oktana 83.

2.2.2 Kunci Wap (*Vapor Lock*)

Kunci wap (*vapor lock*) adalah masalah yang terjadi pada enjin pembakaran dalam yang menggunakan petrol. Masalah ini terjadi apabila cecair petrol berubah keadaan dari cecair ke gas ketika masih di dalam sistem penghantaran bahan api. Ini boleh merosakkan pam bahan api, mengakibatkan kehilangan tekanan pada sistem pancitan bahan api dan menyebabkan hilang kuasa dan daya kilas. Untuk menghidupkan

enjin pada dengan keadaan ini amat susah. Petrol meruap disebabkan oleh tekanan yang tinggi dan haba dari enjin.

Kesemua enjin moden sekarang dilengkapi dengan sistem pancitan bahan api petrol kawalan elektronik. Ia mempunyai pam bahan api yang bertekanan tinggi di dalam tangki bahan api. Lokasi pam bahan api di dalam tangki boleh mengelakkan berlakunya kunci wap kerana pam bahan api beroperasi lebih sejuk jika ia diletakkan di dalam ruang enjin. Ini merupakan cara terbaik untuk mengatasi masalah kunci wap.

Ada cara lain untuk mengelak kunci wap berlaku iaitu dengan menempatkan laluan talian bahan api jauh dari ruang yang menghasilkan haba, menutup tempat yang mempunyai haba yang dekat dengan talian bahan api, menebat talian bahan api dan memasang penyejuk bahan api.

Kejadian kunci wap (*vapor lock*) berlaku semasa kenderaan berada di jalan raya yang sesak kerana suhu di dalam ruang enjin akan meningkat. Ia juga boleh terjadi apabila enjin dimatikan semasa dalam keadaan panas atau menghidupkan enjin yang masih panas.

Antara alasan untuk mendinginkan petrol adalah:

1. Bahan api yang sejuk akan menyejukkan udara di dalam kebuk pembakaran. Udara sejuk lebih tumpat dan akan meningkatkan jisim udara di dalam kebuk pembakaran semasa lejang masukan. Udara adalah sejenis gas dan isipadu udara akan bertambah semasa dalam keadaan sejuk. Bahan api yang sejuk mengurangkan ketukan di dalam enjin
2. Bahan api yang sejuk dapat memanjangkan masa untuk meruap. Bahan api petrol dipancarkan dalam bentuk titisan cecair yang mana perlu meruap sepenuhnya sebelum penyalaan bunga api berlaku agar campuran tersebut terbakar dengan baik. Semasa meruap, bahan api akan mengambil 1000 kali lebih ruang berbanding semasa dalam keadaan cecair. Jika petrol yang

meruap semasa lejang masukan, lebih banyak ruang yang dapat diisi dan jisim udara yang masuk ke kebuk pembakaran akan mengurang. Lebih banyak petrol dapat disedut akan lebih kuasa yang dapat dihasilkan.

3. Campuran petrol dengan udara yang sejuk boleh dimampatkan lebih banyak dapat dimampatkan berbanding campuran yang panas. Jika nisbah mampatan lebih tinggi akan menghasilkan lebih besar kuasa.

2.3 Penukar Haba

Penukar haba adalah peranti yang diguna untuk memindahkan haba antara dua atau lebih bendalir yang berbeza. Penukar haba adalah elemen penting dalam pelbagai sistem, seperti tubuh badan manusia, automotif, komputer, loji kuasa dan peralatan penyaman udara atau pemanas. Peranan penukar haba menjadi lebih penting dalam bidang automotif terutama untuk sistem-sistem bahan api, pelinciran dan penyamanan udara.

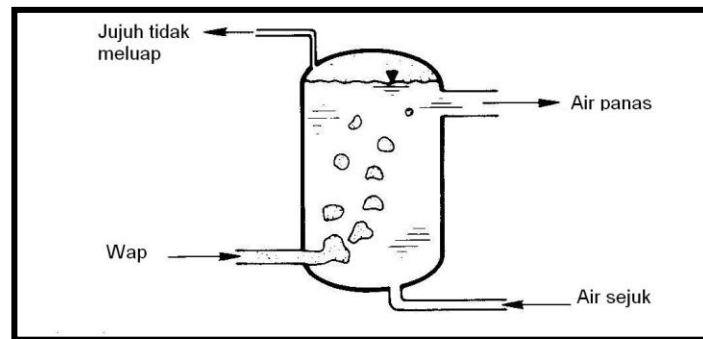
2.3.1 Jenis-jenis Penukar Haba

Shah (2003) telah menyatakan secara terperinci tentang kepelbagaian jenis, istilah dan aplikasi praktikal untuk setiap jenis penukar haba. Seperti yang telah diterangkan dalam buku tersebut, penukar haba dikelaskan kepada enam kategori iaitu:

- i. **Proses Pemindahan**

Penukar haba kelas ini terbahagi kepada dua jenis iaitu hubungan langsung dan hubungan tidak langsung. Jenis hubungan langsung, mengalami

perubahan haba aliran (aliran panas dan sejuk) berlaku secara terus dan perubahan haba ini terjadi sebelum mereka terpisah. Jenis ini banyak digunakan bagi keadaan pemindahan haba dan jisim manakala jenis hubungan tidak langsung pula bendalir panas dan sejuk diasingkan dengan menggunakan bahan pepejal. Penukar haba jenis cengkerang-dan-tiub termasuk dalam kategori hubungan secara tidak langsung.



Rajah 2.2: Penukar haba jenis hubungan secara langsung. (Sumber: Lienhard,2004)

ii. Bilangan Bendalir

Dalam amalan, penukar haba jenis dua bendalir banyak digunakan. Walau bagaimanapun dalam bidang kimia dan industri pemprosesan, yang mempunyai lebih daripada dua bendalir digunakan dalam penukar haba.

iii. Darjah Ketumpatan Permukaan

Penukar haba kelas ini adalah berdasarkan jumlah luas permukaan pemindahan haba berbanding unit isipadu yang terkandung di dalam pengubah haba. Ini dinyatakan oleh nisbah luas permukaan pemindahan haba kepada isipadu. ($\beta = A/V$).