

'Saya akui bahawa 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 1

: EN SUHAIMI MISHA
:

Tarikh

: 13 MEI 2008
:

**KAJIAN KE ATAS TABURAN SUHU DI DALAM TANGKI
SIMPANAN AIR PANAS SOLAR SECARA MENEGAK**

NOR MAHAFAZAH BT MOHD RATHI

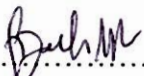
**Laporan ini dikemukakan sebagai
memenuhi sebahagian daripada penganugerahan
Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Termal-Bendalir)**

**Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Universiti Teknikal Malaysia Melaka**

MEI 2008

PENGAKUAN

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

Tandatangan : 

Nama Penulis: NOR MAHAFAZAH MOHD RATHI

Tarikh : 12 MEI 2008

Untuk ayah dan ibu tersayang

PENGHARGAAN

Bersyukur saya ke hadrat Illahi kerana dengan limpah dan kurnianya dapat saya menyiapkan Laporan Projek Sarjana Muda ini dengan jayanya.

Saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada penyelia, Encik Suhaimi Misha atas bimbingan dan pengajaran yang diberikan sepanjang menjalani Projek Sarjana Muda ini.

Ribuan terima kasih juga kepada rakan-rakan seperjuangan dalam membantu dan memberi semangat tanpa jemu serta kedua ibu bapa yang memahami dan memberikan kata-kata nasihat. amatlah dihargai.

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

ABSTRAK

Tenaga solar adalah tenaga yang mudah diperolehi dan percuma kepada sesiapa sahaja. Kebiasaannya di Malaysia, kehadiran tenaga solar dapat ditemui pada waktu siang iaitu antara pukul 9 pagi hingga 5 petang. Walaubagaimanapun, kehadirannya tidak menentu dan tenaga ini tidak ada pada waktu malam. Tangki simpanan air panas solar direkabentuk untuk menyimpan air panas. Terdapat 2 kaedah dalam penghasilan air panas iaitu secara sistem pasif atau aktif. Kaedah termosiphon adalah satu contoh sistem pasif di mana sistem ini adalah mudah, murah, tiada penggunaan pam dan peralatan elektrik. Kaedah air panas solar termosiphon biasanya mempunyai tangki yang diletakkan pada tempat tinggi untuk menghasilkan aliran graviti semulajadi pada air. Sistem ini menghasilkan air panas pada pengumpul solar yang akan naik ke atas tangki simpanan dan air sejuk dari tangki akan turun ke bawah dan akan menggantikan air panas di pengumpul solar yang naik ke atas. Suhu air dalam tangki simpanan biasanya menghasilkan suhu yang tinggi pada lapisan atas manakala air sejuk pula berada pada lapisan bawah dan menghasilkan suhu yang rendah. Hal ini adalah kerana dipengaruhi oleh ketumpatan. Untuk memastikan air panas solar yang terhasil tidak berlaku kehilangan haba, tangki simpanan akan dilapisi dengan penebat yang sesuai dan tahan lama agar air panas dapat digunakan pada waktu malam dan sejuk serta menjimatkan bekalan elektrik. Projek ini dilaksanakan agar sistem ini dapat dianalisis taburan suhunya secara dua kaedah untuk mendapatkan perbezaan suhu selama 8 jam dengan menggunakan Simulasi Perisian MATLAB untuk 2 dimensi dan Simulasi Perisian CFX untuk 3 dimensi. Beberapa andaian perlu dibuat untuk menjalankan simulasi tersebut. Perbandingan akan dibuat daripada kedua-dua keputusan simulasi tersebut di mana taburan suhu yang diperolehi adalah berbeza.

ABSTRACT

Solar energy is the most readily available source of energy and it does not belong to anybody. In Malaysia, solar energy can be found on the day light which is from 9am to 5pm. However, solar energy is intermittent and there is no solar energy at night. Hot water storage tank was designed to store hot water. There are 2 methods to produce hot water which are active and passive system. Thermosyphon method is the one example of passive systems where the system is simple, cheap and there are no pumps or other electrical devices. Usually as thermosyphon method, a storage tank will be put at the highest level to produce the water natural gravity circulation. The system produced hot water in the solar collector and rises to the top layer of the storage tank while cold water still remaining at the lower layer and substituted the hot water. In the storage tank, high water temperature produced at the top layer and the lower temperature is at the bottom of the storage tank. These performances are influenced by density. A suitable insulator is used to cover the storage tank to avoid any heat losses to the surrounding, so that, the hot water can be used on night, cold day and save the electrical supply. This project is to analyze the temperature distribution within 8 hours with 2 methods using a MATLAB Simulation Software for 2 dimension and CFX Simulation Software for 3 dimension. Some assumptions have been done to simulate the problem. Comparison will be done from both simulations where results show temperature distributions are different.

ISI KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	ISI KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	x
	SENARAI RAJAH	xi
	SENARAI SIMBOL	xiii
	SENARAI LAMPIRAN	xiv
BAB 1	Pengenalan	
	1.1 Latar Belakang Projek	1
	1.2 Objektif	1
	1.3 Skop	2
	1.4 Kepentingan Projek	2
	1.5 Ringkasan Laporan Projek	4
BAB 2	Kajian Ilmiah	
	2.1 Pengenalan	5
	2.2 Kajian-kajian Yang Pernah dijalankan	5
	2.3 Analisis Termal	9

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
BAB 3	KAEDAH KAJIAN (METODOLOGI)	
	3.1 Pengenalan	17
	3.2 Pengenalan Perisian Simulasi MATLAB	18
	Bagi Analisis 2 Dimensi	
	3.2.1 Persamaan Pembezaan	18
	Separa	
	3.2.2 Penyelesaian MATLAB	21
	Secara 2 Dimensi	
	Menggunakan Kaedah PDE	
	3.3 Pengenalan Perisian Simulasi CFX Bagi	23
	Analisis 3 Dimensi	
	3.3.1 ANSYS CFX-Pre	23
	3.3.2 ANSYS CFX-Solver	24
	3.3.3 ANSYS CFX- Post	24
	3.4 Carta Alir Projek Sarjana Muda	26
BAB 4	KEPUTUSAN	
	4.1 Keputusan Yang Diperolehi Menggunakan	28
	Perisian Simulasi MATLAB	
	4.2 Keputusan Yang Diperolehi Menggunakan	32
	Perisian Simulasi CFX	
BAB 5	PERBINCANGAN	
	5.1 Pengenalan	40
	5.2 Perbincangan Keputusan	41
	Menggunakan Perisian MATLAB	
	5.3 Perbincangan Keputusan Secara CFX	42
	5.4 Perbandingan Keputusan Yang	43
	Diperolehi Secara Perisian Simulasi	
	CFX Dan MATLAB	

BAB 6	KESIMPULAN DAN CADANGAN	
	6.1 Kesimpulan	46
	6.2 Cadangan	47
	RUJUKAN	48
	LAMPIRAN	50

SENARAI JADUAL

BIL	TAJUK	MUKA SURAT
2.3.1	Ciri-ciri termal bagi sesetengah penebat (Sumber K.S.Ong 1994)	14
3.3.1	Kaedah-kaedah CFX	25
4.1.1	Taburan suhu setiap 2 jam pada ketinggian tertentu menggunakan MATLAB	30
4.2.1	Purata taburan suhu setiap 2 jam pada ketinggian tertentu menggunakan CFX	34
4.2.2	Taburan suhu pada lapisan yang sama dengan ketinggian tertentu pada jam yang kelapan secara CFX	39
5.1.1	Perbezaan taburan suhu setiap 2 jam diantara CFX dan MATLAB	44

SENARAI RAJAH

BIL	TAJUK	MUKA SURAT
2.3.1	Pemanas air solar pasif (www.google.com/image/solarwaterheater)	9
2.3.2	Sistem air panas solar pasif (K.S.Ong 1994)	10
3.2.1.1	Permukaan secara 2D di atas kekisi pembezaan terbatas (C.F.Khoo 2005)	19
3.3.1	Carta alir ANSYS-CFX	26
3.4.1	Carta Alir Kajian Projek Sarjana Muda	27
4.1.1	Taburan suhu secara penyelesaian berangka	28
4.1.2	Variasi taburan suhu mengikut masa	29
4.1.3	Taburan suhu sebenar melawan ketinggian sebenar	31
4.1.4	Tahap ketinggian tangki simpanan air panas solar yang di kaji	31
4.2.1	Rekabentuk tangki simpanan air panas solar secara CFX	32
4.2.2	Serat (<i>mesh</i>) rekabentuk tangki simpanan air panas secara CFX	32
4.2.3	Titik-titik yang diplotkan pada ketinggian tertentu	33
4.2.4	Taburan suhu sebenar melawan ketinggian sebenar	34
4.2.5	Taburan-taburan suhu pada setiap titik dan ketinggian tertentu selama 8 jam	35
4.2.6	Suhu selama 8 jam secara kontur	36

4.2.7	Suhu selama 8 jam secara streamline	36
4.2.8	Suhu pada lapisan atas pada jam kelapan	37
4.2.9	Suhu pada lapisan bawah pada jam kelapan	37
4.2.10	Suhu pada permukaan tengah dan tepi selepas 8 jam	38
4.2.11	Bilangan titik-titik yang diplotkan pada tangki simpanan air panas solar secara CFX	38

SENARAI SIMBOL

A	= Luas, m^2
C_p	= Spesifikasi kepanasan air, $kJ/kg^\circ C$
H_1	= Ketebalan penebat pada bahagian atas tangki, m
H_2	= Ketebalan penebat pada bahagian bawah tangki, m
h	= Pekali pemindahan haba keseluruhan, W/mK
h_1	= Pekali pemindahan haba perolakkan air, W/mK
h_2	= pekali pemindahan haba perolakkan udara, W/mK
k_1	= Konduktiviti termal bebenang kaca gentian, W/mK
k_{ss}	= Konduktiviti termal keluli tahan karat, W/mK
k_w	= Konduktiviti termal air, W/mK
L	= Ketinggian tangki simpanan air panas solar, m
r_1	= Jejari tangki, m
r_2	= Jejari penebat, m
T	= Suhu, $^\circ C$
T_a	= Suhu sekitar, $^\circ C$
T_t	= Suhu pada bahagian atas tangki, $^\circ C$
T_{avg}	= Purata suhu, $^\circ C$
V	= Isipadu tangki, m^3
w	= Kelajuan menegak di dalam tangki, m/s
ρ_i	= Ketumpatan bebenang kaca gentian, kg/m^3
ρ_{ss}	= Ketumpatan keluli tahan karat, kg/m^3
ρ_w	= Ketumpatan air, kg/m^3

SENARAI LAMPIRAN

BIL	TAJUK	MUKA SURAT
A	Hubungan Keseimbangan Tenaga	50
B	Parameter-parameter Tangki	52
C	Persamaan Tenaga	54
D	Pengiraan Parameter Tangki Simpanan Air Panas Solar Yang Tertentu	56
E	Program Atau Arahan Dalam MATLAB	58
F	Taburan Suhu Pada Ketinggian Tertentu Setiap 2 Jam Secara MATLAB	61
G	Purata Suhu Pada Lapisan Yang Sama Secara CFX	64
H	Carta Gantt Projek Sarjana Muda	68

PENGENALAN

1.1 Latar Belakang Projek

Dalam lingkungan tahun 1890, pemanas air solar banyak digunakan di seluruh Amerika Syarikat. Mereka telah membuktikannya dengan membuat pembaharuan ke atas kayu dan pembakar arang. Gas tiruan yang diperbuat daripada arang juga boleh memanaskan air tetapi kos yang ditanggung adalah 10 kali lebih tinggi dan jumlah elektrik yang digunakan meningkat. Dengan peningkatan bidang teknologi, banyak rumah-rumah telah menggunakan pemanas air solar ini. Pada tahun 1897, hampir 30 peratus rumah-rumah di Pasadena iaitu hanya terletak di timur Los Angeles menggunakannya. Pembaharuan dalam bidang mekanikal telah meningkatkan lagi penggunaannya iaitu di Arizona, Florida dan tempat-tempat yang menerima tenaga solar di Amerika Syarikat. Lingkungan tahun 1920, 10 daripada 1000 pemanas air solar telah terjual. Pemanas air solar telah menggantikan pemanas air yang menggunakan bahan bakar fosil sebagai langkah untuk mengurangkan penggunaan sumber yang tidak boleh diperbaharui ini (Bainbridge 1981).

1.2 Objektif

Pemanas air solar adalah suatu penggunaan harian yang sangat mudah.

Kebiasaan untuk sebuah keluarga yang menggunakannya, terdapat satu atau dua pengumpul tenaga solar di atas bumbung rumah mereka . Pengumpul tenaga solar berfungsi untuk menyerap haba matahari untuk memanaskan air sejuk. Bekalan air sejuk ini akan dihantar kepada tangki simpanan dan pengumpul tenaga solar. Bekalan air sejuk ini dikenali sebagai masukan (*input*) dan akan dikeluarkan menjadi air panas dikenali sebagai pengeluaran (*output*). Kajian projek ini adalah untuk mengkaji suhu air di dalam tangki simpanan apabila air yang dibekalkan akan menjadi panas. Objektif akhir projek adalah bertujuan untuk mengkaji taburan suhu di dalam tangki simpanan bagi mendapatkan keputusan simulasi penyelesaian secara 2D dan 3D di mana secara 2D dengan menggunakan perisian simulasi MATLAB manakala 3D pula menggunakan perisian simulasi CFX. Perbandingan akan dibuat diantara kedua-dua keputusan yang diperolehi.

1.3 Skop

Skop projek adalah;

1. Menjalankan analisis ke atas tangki simpanan air panas solar secara menegak,
2. Mengkaji taburan suhu secara 2D dengan menggunakan simulasi MATLAB,
3. Mengkaji taburan suhu secara 3D dengan menggunakan simulasi CFX,
4. Analisis suhu yang dilakukan adalah untuk tempoh 8 jam iaitu bermula 9 pagi hingga 5 petang

1.4 Kepentingan Laporan Projek

Dunia kebanyakannya bergantung kepada keperluan murah dan tenaga yang berlebihan untuk hidup. Dengan pembangunan industri yang pesat ini, ia telah meningkatkan populasi dunia dan keperluan tenaga. Industri memerlukan bahan bakar untuk menjana kuasa manakala populasi menggunakan bahan bakar untuk menghasilkan makanan. Bahan bakar sangat penting dalam kehidupan seharian.

Penggunaannya semakin kerap dengan meningkatnya populasi. Hari demi hari, penggunaan bahan bakar ini akan berkurangan seiring dengan masa yang berlalu. Ini kerana penggunaan bahan bakar seperti arang, petroleum dan gas asli adalah sumber yang tidak boleh diperbaharui. Sumber ini mengambil masa berjuta-juta tahun untuk dihasilkan. Maka dengan itu, alternatif lain digunakan untuk menggantikan sumber yang sedia ada.

Sumber tenaga seperti biogas, biomas, solar, angin, dan air, adalah sumber-sumber yang boleh diperbaharui. Ini kerana, sumber-sumber ini sangat banyak dan berlebihan serta tidak mudah habis. Tenaga solar adalah tenaga yang paling utama dan sangat besar serta ia tidak menggunakan kuasa yang berlebihan. Tenaga ini sangat murah, berlebihan, selamat digunakan dan tidak memerlukan kos pengangkutan. Ia juga mempunyai kelebihan iaitu bebas daripada pencemaran. Malangnya, kehadiran tenaga solar ini tidak wujud pada waktu malam dan tidak boleh menggunakan tenaga solar ini.

Pada awal pengeluarannya, pemanas air solar dianggap sesuatu yang aneh. Tapi kini, pemanas air solar semakin diterima dalam kehidupan seharian dan semakin popular. Penggunaan pemanas air di rumah masih dianggap sebagai peralatan mewah di Malaysia. Walaubagaimanapun, arus kehidupan yang semakin meningkat maju telah menjadikan peralatan ini sebagai keperluan asas bagi setiap individu. Lebih-lebih lagi masyarakat yang tinggal di bandar, di mana kebanyakan masyarakatnya mampu untuk memiliki peralatan ini. Berbanding pula halnya dengan masyarakat luar bandar serta yang berpendapatan rendah, mereka masih menggunakan air yang sejuk untuk tujuan harian. Permintaan pemanas air solar ini adalah bergantung kepada penerimaan orang ramai berdasarkan kepada sumber ekonomi, nilai-nilai estetika, kebolehpercayaan dan keselamatan serta harga yang berpatutan.

Pemanas air solar seharusnya berkembang dengan pesat sekiranya pengilang memperkenalkan peralatan ini dengan lebih meluas serta menawarkannya dengan harga yang rendah. Pelbagai jenis pemanas air solar boleh menghasilkan pelbagai suhu bergantung kepada ketetapan sesebuah kilang dalam menghasilkan ciri-ciri tersendiri dan mendatangkan keuntungan. Oleh itu, adalah penting untuk mengkaji

dan merekabentuk tangki simpanan air solar pasif agar dapat menghasilkan tangki simpanan yang cekap dan murah. Projek ini sangat berkepentingan dalam situasi dan masalah yang sedia ada, di mana dalam projek ini, penekanan utama yang diberi perhatian adalah mengenai taburan suhu yang diperolehi secara 2D dan 3D ke atas tangki simpanan air panas solar pasif secara menegak menggunakan simulasi MATLAB dan CFX.

1.5 Ringkasan Laporan Projek

Kebiasaannya, pemindahan haba yang berlaku dalam sesebuah tangki simpanan air panas solar pasif adalah secara pengaliran dan perolakan. Menurut Wong (1977), pengaliran haba adalah suatu proses yang mana haba meresap melalui jasad atau badan pepejal atau melalui bendalir yang bergenang dan perolakan pula diambil sebagai suatu proses pemindahan haba yang disebabkan oleh gabungan pengaliran haba di antara zarah-zarah bendalir dan angkutan daya yang disebabkan oleh pergerakan bendalir itu sendiri, di mana pergerakan bendalir mungkin disebabkan pengaruh dari luar ataupun oleh kelainan ketumpatan yang terhasil daripada perbezaan suhu yang wujud di dalam jisim bendalir itu sendiri.

Hubungan keseimbangan tenaga adalah perubahan jumlah tenaga sistem di mana terdapatnya jumlah perbezaan diantara tenaga masuk dan tenaga keluar. Keseimbangan tenaga digunakan untuk menyelesaikan masalah seperti sistem tertutup, sistem aliran mantap (*steady flow*) dan juga sistem aliran tidak mantap (*unsteady flow*) (**Rujuk Lampiran A**). Taburan suhu di dalam tangki simpanan adalah penting untuk memastikan suhu air panas yang selamat dapat dibekalkan oleh tangki.

BAB 2

KAJIAN ILMIAH

2.1 Pengenalan

Kajian ilmiah adalah berdasarkan kepada terma dan topik yang berkaitan dengan tajuk projek, di mana topik-topik ini adalah kajian dan pembelajaran daripada mereka yang pakar dan professional. Mereka ini telah mengkaji dengan lebih mendalam serta telah memberi penjelasan dengan lebih lanjut lagi. Dalam projek ini, proses pemindahan haba adalah sangat berkaitan dengan tajuk projek ini kerana ia berdasarkan kepada prinsip pemindahan haba iaitu daripada sinaran matahari kepada pengumpul tenaga solar menghasilkan haba terus ke tangki simpanan untuk menghasilkan air panas bagi menggantikan punca asal air iaitu air sejuk untuk kegunaan harian.

2.2 Kajian-kajian Yang Pernah Dijalankan

Kajian oleh Consul *et al* (2004) adalah mengenai kemungkinan pengiraan semasa mengenai simulasi CFD (*Computational Fluid Dynamic*) menggunakan pengkomputeran selari (*Beowulf clusters*) di dalam contoh maya berkenaan tangki simpanan air panas. Keadaan termal yang tidak tetap pada sebahagian bentuk tangki simpanan air di mana ia menggunakan konsep termosiphon dan disimulasikan. Pengaruh kemasukkan perstrataan termal iaitu jumlah kadar alir jisim sebelum

kemasukkan dikaji. Pemerhatian lebih diberikan kepada pengesahan model matematik yang diramalkan, penyelesaian berangka dan hasil daripada *post-processing* untuk menjumlahkan taburan perstrataan termal. Jurnal ini menunjukkan bahawa, dengan menggunakan infrastruktur pengkomputeran selari, pelaksanaan pengkomputeran mengenai algoritma berdasarkan kaedah multiblok bagi tangki air panas adalah menjimatkan manakala dalam menjumlahkan taburan pada perstrataan termal di dalam tangki simpanan air panas, pelbagai parameter atau andaian digunakan untuk menyelesaikan permasalahan seperti parameter berdasarkan *exergy* adalah dicadangkan.

Manakala Oliveski *et al* (2003) menggunakan analisis berangka dan eksperimen mengenai kajian aliran dan suhu di dalam tangki simpanan adalah berkait dengan keadaan semulajadi dalaman dan perolakkan campuran yang diceritakan dalam jurnal ini. Pelaksanaan ini dilakukan dengan dua pendekatan iaitu dengan menggunakan model 2D untuk koordinat silinder melalui kaedah isipadu terbatas. Manakala, yang lagi satu dengan menggunakan model 1D. Model 2D disahkan secara eksperimen dan dijadikan sebagai rujukan dan diterima dengan baik. Simulasi berangka fenomena 2D adalah sesuai kerana keputusan yang ditunjukkan adalah koheran dan menunjukkan persetujuan yang baik daripada kaedah eksperimen dalam keadaan lamina (*laminar*) dan bergelora (*turbulence*). Manakala 1D pula, perbezaan antara suhu purata dan kedudukan suhu diperolehi dengan menjadikan 2D sebagai rujukan. Model-model nod adalah berbeza daripada keadaan sebenar kerana segmen suhu adalah tidak tersusun di dalam tangki kecuali apabila peredaran air luar diberikan.

Johannes *et al* (2005) mengkaji suhu di dalam tangki tanpa menggunakan sebarang peralatan yang spesifik. Kajian ini adalah untuk mengesahkan kebolehan TRNSYS jenis 60 dan 140 untuk mendapatkan taburan suhu di dalam tangki simpanan. Ini kerana ia akan digunakan dalam sistem solar yang sangat besar dan dianalisis menggunakan simulasi CFD. Bahagian ini menerangkan campuran di atas tangki bergantung kepada konfigurasi kemasukkan tetapi ia juga terbatas pada model perstrataan bendalir dengan penggunaan secara pendekatan nod-nod di dalam TRNSYS. Dengan mengambil kira simulasi CFD, model ini membenarkan mereka untuk mendapatkan pergerakan bendalir di dalam tangki dan menyimpulkan

bahawa suhu adalah tidak sekata di setiap lapisan. Fernando dan Marcia (2006), menganalisis dan membandingkan sifat-sifat termal pada 2 pemanasan tertutup iaitu secara 2 fasa termosiphon dan secara penghampiran tradisional di mana gas panas yang terakhir mengalir ke dalam kawasan yang tertutup. Keputusan menunjukkan, pemanasan tertutup menggunakan termosiphon menghasilkan suhu yang sekata dan sinaran taburan pekali pemindahan haba berbanding menggunakan kaedah tradisional. Kaedah tradisional merangkumi kawasan tertutup menunjukkan pekali pemindahan haba perolakkan menjadi besar berbanding termosiphon kerana keadaan pergerakan gas yang terakhir. Manakala, kaedah termosiphon menghasilkan taburan suhu yang sekata di mana angin yang tenang dan pekali pemindahan haba menjadi sangat kecil. Hal ini juga menghasilkan kawasan sinaran yang sekata di dalam kawasan tertutup menggunakan kaedah termosiphon berbanding kaedah tradisional.

Chuawittayawuth dan Kumar (2002), mendapati peredaran semulajadi sistem pemanasan air solar boleh dijumpai dalam geometri pengumpul yang berubah, kapasiti tangki simpanan dan spesifikasi komponen. Kaedah teori dan eksperimen digunakan untuk menganggarkan pelaksanaan sistem, penjelasan mendalam mengenai eksperimen agar menunjukkan keadaan suhu bahan penyerap, kenaikan suhu air dan pergerakannya. Jurnal ini menerangkan tentang pemerhatian daripada eksperimen berkenaan taburan suhu dan aliran dalam peredaran semulajadi sistem pemanasan air solar serta membandingkan dengan model teori. Kajian profil pada suhu penyerap yang berhampiran dengan tiub penaik menunjukkan hasil yang sama dengan model teori. Nilai tiub penaik yang berdekatan dengan kemasukkan pengumpul amnya lebih tinggi daripada yang berjauhan dengan pengumpul pada waktu siang. Manakala pada waktu mendung suhunya lebih sekata. Purata bahan penyerap dan suhu bendalir dianggarkan dan dibandingkan dengan model teori. Suhu air yang berhampiran dengan tiub pengeluaran air pula adalah munasabah lebih-lebih lagi pada waktu mendung dan pada sebahagian waktu mendung. Suhu air di dalam penaik bergantung kepada kadar alir.

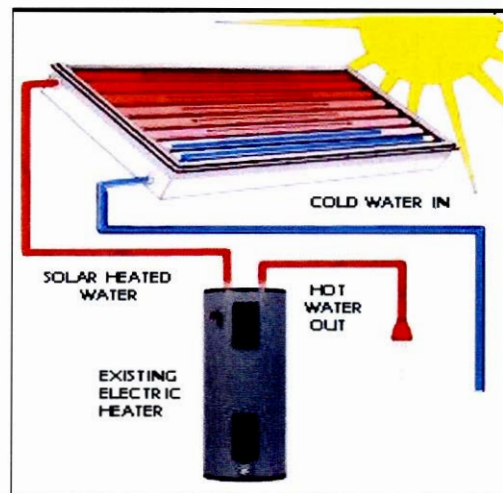
Altuntop *et al* (2005) menganalisis kesan penggunaan pelbagai halangan ke atas penstrataan termal di dalam tangki simpanan air panas secara berangka. Kaedah angka adalah sah dengan menggunakan eksperimen dan keputusan angka. 12 contoh halangan diperolehi pada taburan suhu di dalam tangki. Keputusan menunjukkan jika

terdapatnya halangan di dalam tangki, ia akan menghasilkan perstrataan termal yang baik daripada tiada halangan. Jenis halangan dengan mempunyai jarak atau selang di tengah menghasilkan perstrataan termal yang baik berbanding yang mempunyai selang berhampiran dengan dinding tangki. Bojic (2002) mengkaji sistem pemanasan air panas secara model dan simulasi menggunakan model penyusunan masa. Keputusan adalah menunjukkan perlaksanaan simulasi ke atas dasar tahunan untuk sistem solar yang beroperasi dan dibina di Yugoslavia di mana ia memperlengkapkan penggunaan air panas untuk 4 orang dalam sebuah rumah. Pemanas air solar terdiri daripada kepingan pengumpul solar yang rata, sebuah tangki simpanan air, pemanas elektrik, dan peralatan campuran air. Model matematik digunakan untuk mentafsirkan variasi tahunan bahagian solar dengan isipadu tangki simpanan air, memenuhi keperluan suhu air panas, perbezaan dan suhu awal air di dalam tangki. Keputusan dari penyelidikan ini, mungkin akan digunakan untuk merekabentuk sistem pengumpul solar dan pengoperasian sistem sedia ada dengan lebih cekap. Keputusan rekabentuk dengan pelbagai isipadu saiz tangki yang berbeza menunjukkan isipadu yang tinggi memerlukan sebahagian besar tenaga dan nilai solar. Tambahan lagi, keputusan menunjukkan sebahagian sistem solar meningkat dengan suhu permintaan air panas rendah dan perbezaan antara purata tangki air dan permintaan suhu. Walaubagaimanapun, apabila isipadu tangki simpanan lebih digunakan, sebahagian solar kurang sensitif kepada variasi parameter operasi ini.

Soteris (2004) mengkaji pelbagai jenis pengumpul termal solar dan juga aplikasinya. Analisis mengenai masalah persekitaran yang terlibat dengan penggunaan tenaga secara kaedah tradisional serta kebaikan daripada tenaga yang boleh diperbaharui. Pengenalan sejarah mengenai penggunaan tenaga solar diikuti dengan kajian secara optikal, termal dan termodinamik. Selain itu, penerangan kaedah yang digunakan serta perlaksanaannya. Ini termasuklah juga mengenai pemanasan air solar iaitu merangkumi termosiphon, ICS (*Integrated Collector Storage*), secara terus (*direct*) dan lain-lain lagi serta dalam aplikasi yang berkaitan. Hal ini mendatangkan kebaikan kerana tenaga solar boleh digunakan di mana-mana sahaja

2.3 Analisis Termal

Pemanas air solar mengumpul dan menukarkan tenaga sinaran radiasi solar kepada tenaga termal yang boleh digunakan untuk menghasilkan air panas solar (K.S.Ong 1994). Pada dasarnya, ia merangkumi pengumpul solar yang akan menyerap dan menukarkan tenaga solar serta tangki simpanan yang diliputi dengan penebat untuk mendapatkan air panas. Secara asasnya, terdapat dua jenis pemanas air solar iaitu tangki pengumpul simpanan yang tercantum dan lebih dikenali sebagai *integrated collector storage* (ICS) dan sepasang pengumpul untuk tangki simpanan (*collector coupled to storage tank*). ICS adalah sejenis tangki simpanan yang biasa. Pada rajah 2.3.1 menunjukkan pengumpul solar jenis ICS.



Rajah 2.3.1: Pemanas air solar pasif

(Sumber: <http://www.google.com/image/solarwaterheater>)

Air sejuk mengalir dan tersimpan di dalam tangki akan dipanaskan oleh sinaran tenaga solar ke atas penutup tangki. Walaubagaimanapun, permukaan ini akan kehilangan haba disebabkan oleh angin pada waktu malam dan juga kekerapan penggunaan pada waktu petang. Dengan penggunaan ICS yang terbatas, maka ia pastinya mengurangkan minat orang ramai. Kini, sepasang pengumpul untuk tangki simpanan air adalah lebih dikenali dan menjadi suatu keperluan yang berjaya dan lebih dikomersilkan. Pengumpul solar ini akan disambungkan kepada tangki simpanan air oleh 2 paip yang berpenambat seperti pada rajah 2.3.1. Secara amnya,