

## **PENGESAHAN PENYELIA**

“Dengan ini saya mengisytiharkan bahawa saya telah membaca keseluruhan laporan ini dan layak menganugerahkan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal

(Termal-Bendalir)”

Tanda Tangan : .....  
Penyelia : .....  
Tarikh : .....

## PENGAKUAN

“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 : .....

## PENGHARGAAN

Alhamdulillah, syukur ke hadrat Ilahi di atas kejayaan menyiapkan kajian ini. Setinggi-tinggi penghargaan diucapkan kepada penyelia, En Abdul Rafeq bin Saleman di atas dorongan, tunjuk ajar dan bimbingan sepanjang menjalani Projek Sarjana Muda ini.

Jutaan terima kasih juga diucapkan kepada pihak pengurusan makmal khususnya En. Asjufri di atas kerjasama yang telah diberikan sepanjang menjalankan eksperimen ini. Di samping itu, tidak lupa juga kepada ahli keluarga yang banyak memberi sokongan moral.

Akhir kata, penghargaan ditujukan kepada semua pihak yang terlibat sama ada secara langsung atau tidak langsung dalam membantu untuk menjayakan Projek Sarjana Muda ini. Semoga dengan terhasilnya penyelidikan ini dapat membantu para pelajar lain dengan menjadi sebagai sumber rujukan pada masa hadapan. Sekian, terima kasih

## **DEDIKASI**

Untuk ayah dan ibuku yang tercinta, Mustaffar Bakri bin Said dan Raja Rudzah  
bt Raja Salleh.

## **ABSTRAK**

Kajian mengenai kecekapan menara penyejukan dengan menggunakan dua jenis ejen penyejukan yang berlainan. Ejen penyejukan yang digunakan adalah daripada hasil semula jadi iaitu air hujan dan air sungai. Kemudian, kedua-dua jenis air ini akan dicampurkan dengan bahan kimia etilena glikol yang kebiasaannya digunakan sebagai ejen anti beku dalam penyejukan sistem pembakaran dalaman enjin. Eksperimen ini memberi fokus kepada suhu air yang keluar dari menara di mana kecekapan menara ditentukan berdasarkan julat suhu menara dan keberkesanan menara penyejukan. Kedua-dua data akan dibandingkan antara air sungai yang di campurkan dengan etilena glikol dengan air hujan yang dicampurkan dengan etilena glikol untuk menentukan ejen mana yang mempunyai nilai kecekapan yang lebih tinggi. Ejen penyejukan yang asal pada menara penyejuk iaitu air suling juga akan dicampurkan dengan etilena glikol untuk dijadikan nilai kecekapan penanda aras kajian ini.

## **ABSTRACT**

*This study is regarding the cooling tower performance using two type of cooling agent. The cooling agents used is a natural type of water that is rain and river water. Then, both waters will be added a chemical reagent, ethylene glycol that was used as a antifreeze in cooling system of internal combustion engine. This experiment is focusing on the outlet water temperature which the performance will be determined based on the temperature range and effectiveness of the cooling tower. Both data will be compared between the river water mixed with ethylene glycol with rainwater mixed with ethylene glycol to determine which agent has a higher efficiency value. The original cooling agent in the cooling towers of distilled water will also be mixed with ethylene glycol to form the benchmark efficiency in this study.*

## KANDUNGAN

<b>PERKARA</b>	<b>MUKASURAT</b>
PENGESAHAN PENYELIA	i
PENGAKUAN	ii
PENGHARGAAN	iii
DEDIKASI	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	ix
SENARAI RAJAH	x
SENARAI SIMBOL	xii
BAB 1	1
Pengenalan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Objektif	2
1.3 Skop Kajian	3
1.4 Pernyataan Masalah	4
BAB 2	5
Kajian Ilmiah	5
2.1 Kajian Terdahulu berkenaan dengan Prestasi Menara Penyejuk.	5
2.2 Jenis-jenis Menara Penyejuk.	8

2.3	Komponen-komponen Utama Menara Penyejuk.	11
2.4	Proses Penyejatan	14
2.5	Sifat-sifat Termodinamik	16
2.6	Ejen Penyejukan Etilena Glikol	20
2.7	Parameter untuk Mengukur Kecekapan Menara	22
2.8	Perbezaan Orifis	28
BAB 3		29
KAEDAH UJIKAJI		29
3.1	Carta Alir	30
3.2	Radas Eksperimen	34
3.3	Prosedur	35
BAB 4		38
KEPUTUSAN UJI KAJI		38
4.1	Data Analisis untuk Air Hujan	39
	Rajah 4. 21 : Graf keberkesanan menara melawan L/G untuk $Q = 1.5kW$	52
4.2	Data Analisis untuk Air Sungai	54
BAB 5		69
PERBINCANGAN		69
5.1	Perbandingan dengan Air Suling	69
5.2	Prestasi Menara Penyejuk	70
BAB 6		74
KESIMPULAN		74
6.1	Rumusan	74
6.2	Cadangan	75
RUJUKAN		76
LAMPIRAN		78



## SENARAI JADUAL

<b>BIL.</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKASURAT</b>
	Jadual 2. 1: Sifat-sifat termodinamik Etilena Glikol	21

## SENARAI RAJAH

<b>BIL.</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKASURAT</b>
Rajah 2. 1 :	Lakaran aliran udara dan air masuk dan keluar melalui blok pengisi	25
Rajah 3. 1 :	Carta alir untuk projek sarjana muda.....	30
Rajah 3. 2 :	Gambar rajah skema radas eksperimen .....	34
Rajah 3. 3 :	Menara penyejukan jenis HE152.....	36
Rajah 4. 1 :	Graf julat suhu melawan fluks jisim udara untuk $Q = 0.5\text{kW}$ .....	39
Rajah 4. 2 :	Graf julat suhu melawan fluks jisim udara untuk $Q = 1.0\text{kW}$ .....	40
Rajah 4. 3 :	Graf julat suhu melawan fluks jisim udara untuk $Q = 1.5\text{kW}$ .....	40
Rajah 4. 4 :	Graf julat suhu melawan fluks jisim udara untuk $Q = 0.5\text{kW}$ .....	41
Rajah 4. 5 :	Graf julat suhu melawan fluks jisim udara untuk $Q = 1.0\text{kW}$ .....	42
Rajah 4. 6 :	Graf julat suhu melawan fluks jisim udara untuk $Q = 1.5\text{kW}$ .....	42
Rajah 4. 7 :	Graf keberkesanan menara melawan L/G untuk $Q = 0.5\text{ kW}$ .....	43
Rajah 4. 8 :	Graf keberkesanan menara melawan L/G untuk $Q = 1.0\text{ kW}$ .....	44
Rajah 4. 9 :	Graf keberkesanan menara melawan L/G untuk $Q = 1.5\text{ kW}$ .....	44
Rajah 4. 10 :	Graf julat suhu melawan fluks jisim udara untuk $Q = 0.5\text{kW}$ .....	45
Rajah 4. 11 :	Graf julat suhu melawan fluks jisim udara untuk $Q = 1.0\text{kW}$ .....	46
Rajah 4. 12 :	Graf julat suhu melawan fluks jisim udara untuk $Q = 1.5\text{kW}$ .....	46
Rajah 4. 13 :	Graf keberkesanan menara melawan L/G untuk $Q = 1.5\text{kW}$ .....	47
Rajah 4. 14 :	Graf keberkesanan menara melawan L/G untuk $Q = 1.0\text{kW}$ .....	48
Rajah 4. 15 :	Graf keberkesanan menara melawan L/G untuk $Q = 1.5\text{kW}$ .....	48
Rajah 4. 16 :	Graf julat suhu melawan fluks jisim udara untuk $Q = 0.5\text{ kW}$ .....	49
Rajah 4. 17 :	Graf julat suhu melawan fluks jisim udara untuk $Q = 1.0\text{ kW}$ .....	50
Rajah 4. 18 :	Graf julat suhu melawan fluks jisim udara untuk $Q = 1.5\text{ kW}$ .....	50
Rajah 4. 19 :	Graf keberkesanan menara melawan L/G untuk $Q = 0.5\text{kW}$ .....	51
Rajah 4. 20 :	Graf keberkesanan menara melawan L/G untuk $Q = 1.0\text{kW}$ .....	52

Rajah 4. 21 : Graf keberkesanan menara melawan L/G untuk $Q = 1.5\text{kW}$ .....	52
Rajah 4. 22 : Graf julat suhu melawan fluks jisim udara untuk $Q = 0.5\text{kW}$ .....	54
Rajah 4. 23 : Graf julat suhu melawan fluks jisim udara untuk $Q = 1.0\text{kW}$ .....	55
Rajah 4. 24 : Graf julat suhu melawan fluks jisim udara untuk $Q = 1.5\text{kW}$ .....	55
Rajah 4. 25 : Graf julat suhu melawan fluks jisim udara untuk $Q = 0.5 \text{ kW}$ .....	56
Rajah 4. 26 : Graf julat suhu melawan fluks jisim udara untuk $Q = 1.0 \text{ kW}$ .....	57
Rajah 4. 27 : Graf julat suhu melawan fluks jisim udara untuk $Q = 1.5 \text{ kW}$ .....	57
Rajah 4. 28 : Graf keberkesanan menara melawan L/G untuk $Q = 0.5\text{kW}$ .....	58
Rajah 4. 29 : Graf keberkesanan menara melawan L/G untuk $Q = 1.0\text{kW}$ .....	59
Rajah 4. 30 : Graf keberkesanan menara melawan L/G untuk $Q = 1.5\text{kW}$ .....	59
Rajah 4. 31 : Graf julat suhu melawan fluks jisim udara untuk $Q = 0.5 \text{ kW}$ .....	60
Rajah 4. 32 : Graf julat suhu melawan fluks jisim udara untuk $Q = 1.0 \text{ kW}$ .....	61
Rajah 4. 33 : Graf julat suhu melawan fluks jisim udara untuk $Q = 1.5 \text{ kW}$ .....	61
Rajah 4. 34 : Graf keberkesanan menara melawan L/G untuk $Q = 0.5 \text{ kW}$ .....	62
Rajah 4. 35 : Graf keberkesanan menara melawan L/G untuk $Q = 1.0 \text{ kW}$ .....	63
Rajah 4. 36 : Graf keberkesanan menara melawan L/G untuk $Q = 1.5 \text{ kW}$ .....	63
Rajah 4. 37 : Graf julat suhu melawan fluks jisim udara untuk $Q = 0.5 \text{ kW}$ .....	64
Rajah 4. 38 : Graf julat suhu melawan fluks jisim udara untuk $Q = 1.0 \text{ kW}$ .....	65
Rajah 4. 39 : Graf julat suhu melawan fluks jisim udara untuk $Q = 1.5 \text{ kW}$ .....	65
Rajah 4. 40 : Graf keberkesanan menara melawan L/G untuk $Q = 0.5\text{kW}$ .....	66
Rajah 4. 41 : Graf keberkesanan menara melawan L/G untuk $Q = 1.0\text{kW}$ .....	67
Rajah 4. 42 : Graf keberkesanan menara melawan L/G untuk $Q = 1.5\text{kW}$ .....	67
Rajah 5. 1 : Graf julat suhu melawan fluks jisim udara untuk air hujan	70
Rajah 5. 2 : Graf untuk julat suhu melawan fluks jisim udara untuk air sungai	71
Rajah 5. 3 : Graf keberkesanan menara melawan L/G untuk air hujan yang dicampurkan dengan 0.5L EG	72
Rajah 5. 4 : Graf keberkesanan menara melawan L/G untuk air sungai yang dicampurkan dengan 0.5L EG	73

## SENARAI SIMBOL

EG	=	Etilena Glikol
Ld	=	Kadar aliran air suling (l/m)
Lh	=	Kadar aliran air hujan (l/m)
Ls	=	Kadar aliran air sungai (l/m)
Lhx	=	Kadar aliran air hujan yang dicampurkan dengan EG (l/m)
Lsx	=	Kadar aliran air sungai yang dicampurkan dengan EG (l/m)
e	=	Keberkesanan menara
R	=	Julat suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )
$T_1$	=	Suhu masuk ( $^{\circ}\text{C}$ )
$T_2$	=	Suhu keluar ( $^{\circ}\text{C}$ )
$\rho$	=	Ketumpatan, ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
L/G	=	Nisbah jisim cecair-gas
$h_f$	=	Entalpi spesifik untuk air yang tersejat (kJ/kg)
$v_f$	=	Isi padu spesifik untuk air yang tersejat, ( $\text{m}^3/\text{kg}$ )
$p$	=	Tekanan, ( $\text{N}/\text{m}^2$ )
$T$	=	Suhu, ( $^{\circ}\text{C}$ )
$c_p$	=	Muatan haba tentu, ( $\text{J}/\text{kg.K}$ )
$p_{sat}$	=	Tekanan pada keadaan tepu, ( $\text{N}/\text{m}^2$ )
$\omega$	=	Nisbah kelembapan
$\Phi$	=	Kelembapan relatif
$G$	=	Jisim udara, ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )

$K$	=	Pekali pemindahan jisim
$a$	=	Luas sentuhan antara udara dan air dalam unit isi padu pengisi ( $m^2$ )
$V$	=	Isi padu yang dipenuhi oleh pengisi dalam luas pelan ( $m^3$ )
$m_w$	=	Kadar aliran jisim jika air per unit luas permukaan pengisi ( $kg/m^2$ )
$H_w$	=	Entalpi untuk udara tepu

## **BAB 1**

### **PENGENALAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Berdasarkan Stanford, (2003), menara pendingin adalah alat penukar haba yang bertindak sebagai alat pemindahan sisa haba ke atmosfera. Prinsip penyejukan air yang digunakan mempunyai kelebihan berbanding dengan sistem penyejuk kering yang mana sistem tersebut menurunkan suhu lebih rendah daripada suhu ambien. Menara penyejukan digunakan secara meluas untuk penjanaan kuasa penghawa dingin, proses pembuatan dan elektrik.

Menara yang terkecil pernah direka digunakan untuk menyejukkan paip air di kawasan perumahan yang hanya 1 gelen per minit, manakala menara yang besar pula membekalkan air sejuk sehingga beribu-ribu gelen seminit ke dalam paip yang mempunyai diameter sehingga 15 kaki (kira-kira 5 meter) yang kebanyakannya di dapati di loji-loji besar.

Kebanyakan industri pemprosesan menjana jumlah haba sangat besar dan mesti terus dikeluarkan daripada sistem untuk menjaga prestasi operasi sistem. Menara pendingin merupakan komponen penting untuk sesuatu industri di mana ia berfungsi

untuk menghilangkan haba yang besar yang dikeluarkan oleh mesin-mesin di industri. Menara pendingin menggunakan teori pengewapan di mana haba panas diserap dengan menggunakan air dan kemudian sebahagian air panas tersebut disejatkan ke aliran udara dan akhirnya terus dibuang ke atmosfera. Semasa air bergerak melalui bahan pengisi di dalam menara, luas permukaan sentuhan antara air dengan menara yang tinggi akan meningkatkan lagi proses penyejukan. Pelbagai jenis cara boleh digunakan untuk menambahkan luas permukaan sentuhan di antara menara. Di antara salah satu cara tersebut adalah dengan menukar jenis cecair yang digunakan dalam menara penyejuk tersebut. Kajian ini akan mengkaji jenis cecair yang paling sesuai untuk dijadikan cecair di dalam menara penyejuk di mana akan menggantikan cecair yang selalu digunakan pada menara pendingin konvensional iaitu air suling.

## **1.2 Objektif**

1. Untuk menyiasat kesan ke atas menara pendinginan dengan menggunakan percampuran penyejuk dengan etilena glikol.
2. Untuk menyiasat prestasi menara penyejuk berdasarkan julat suhu dan keberkesanan menara.

### 1.3 Skop Kajian

Kajian ini akan menggunakan radas makmal, menara penyejukan untuk eksperimen jenis SOLTEQ model HE152 yang terdapat di makmal penyaman udara di kampus fakulti kejuruteraan mekanikal fasa b.

Kajian ini membandingkan dua jenis cecair yang bertindak sebagai agen penyejukan; iaitu air sungai dan air hujan. Kedua-dua cecair ini akan dicampurkan dengan bahan kimia etilena glikol yang mana akan bertindak sebagai reagen untuk meningkatkan prestasi penyejukan menara. Hasil uji kaji untuk cecair yang dicampurkan dengan bahan kimia tersebut akan dibandingkan dengan prestasi menara untuk cecair yang tidak dicampurkan dengan bahan kimia tersebut. Prestasi cecair yang selalu digunakan dalam menara iaitu air suling ada pada menara penyejukan untuk eksperimen juga akan dibandingkan prestasi dengan kedua-dua jenis air hujan dan sungai di mana hasil bacaannya akan dijadikan sebagai penanda aras untuk kajian.

Kecekapan menara yang dikaji akan ditentukan berdasarkan parameter berikut; julat suhu, dan keberkesanan menara. Julat suhu merupakan perbezaan di antara suhu masuk dengan keluar manakala keberkesanan menara merupakan nisbah julat suhu dengan julat suhu maksimum untuk menara.



## 1.4 Pernyataan Masalah

Tugas utama menara penyejukan adalah untuk menolak haba ke atmosfera, yang bermaksud suhu yang keluar adalah lebih rendah daripada suhu yang masuk. Biasanya, proses perindustrian menghasilkan sejumlah besar haba yang perlu dibuang secara teratur dalam usaha untuk mengekalkan prestasi. Tanpa pemeliharaan yang betul, prestasi menara pendinginan akan tergelincir dari masa ke masa, meninggikan operasi menara penyejukan loji dan bajet untuk penyelenggaraan. Kecekapan menara menjadi isu penting dalam menjimatkan perbelanjaan untuk penyelenggaraan sekali gus memberi keuntungan kepada industri,

Selalunya, menara penyejuk konvensional menggunakan air suling sebagai medium utama untuk proses pemindahan haba di dalam menara. Eksperimen ini akan mengkaji kecekapan menara penyejuk dengan menggunakan dua jenis air daripada sumber semula jadi yang berbeza iaitu air hujan dan juga air sungai. Penggunaan sumber semula jadi sebagai ejen penyejukan akan menjimatkan kos industri. Kemudian kedua-dua jenis air ini akan dicampurkan dengan bahan kimia etilena glikol yang bertindak sebagai reagen untuk meningkatkan kadar pemindahan haba untuk menara. Penggunaan glikol sebagai medium pemindahan haba di gunakan secara meluas dalam industri penyejukan. Bahan kimia ini pada kebiasaannya digunakan untuk mengelakkan alat-alat dalam sistem penyejukan seperti gegelung pemanasan dan penyejukan daripada membeku[6].

Kajian ini juga bertujuan untuk melihat perbezaan kadar pemindahan haba untuk cecair menara penyejuk apabila air dicampurkan dengan bahan kimia lain. Kedua-dua cecair ini mempunyai haba tentu dan kelikatan yang berbeza di mana akan mempengaruhi kecekapan operasi menara. Hasil keputusan eksperimen akan dibandingkan untuk mendapatkan sisihan peratusan di antara kedua-dua, yang akan menentukan air yang mana dicampurkan etilena glikol lebih bagus untuk di jadikan medium pemindahan haba di dalam menara.

## **BAB 2**

### **KAJIAN ILMIAH**

Bab ini akan menerangkan tentang kajian-kajian terdahulu berkenaan dengan prestasi menara penyejuk. Kemudian, penerangan berkenaan dengan jenis-jenis menara penyejuk yang wujud, komponen-komponen penting menara berserta dengan fungsi, dan teori-teori yang berkaitan dengan prestasi menara penyejuk.

#### **2.1 Kajian Terdahulu berkenaan dengan Prestasi Menara Penyejuk.**

1. Kelly dan Swenson (1956) telah menjalankan kajian berkenaan dengan sifat susutan tekanan untuk menara penyejuk dan juga kesan penggunaan „packing“ jenis grid percikan ke atas pemindahan haba. Mereka mengaitkan ciri-ciri menara dengan nisbah air / udara aliran dan mengasaskan parameter yang memberi kesan kepada nilai nisbah air-ke-udara, ketinggian bahan pengisi dan parameter untuk ciri-ciri menara. Di samping itu, suhu air panas juga boleh menjejaskan ciri-ciri

menara tetapi boleh diabaikan kerana hanya nilai yang kecil sahaja yang memberi kesan ke atas kecekapan menara. Mereka juga merumuskan bahawa, pada nisbah air-ke-udara yang diberikan, ciri-ciri menara didapati tidak bergantung kepada suhu bebuli basah dan beban udara yang digunakan di dalam had muatan udara yang selalu digunakan pada menara penyejuk komersial.

2. H. H. Niederman E.D. Howe, J. P. Longwell, R.A. Seban dan L.M.K. Boelter, (1941) mengkaji ciri-ciri prestasi menara pendingin draf daya jenis berlawanan aliran. Mereka membuat rumusan bahawa prestasi menara dipengaruhi oleh taburan saiz titisan di menara semburan dan bukannya pada pengagihan air dalam menara. Di samping itu, jumlah terbesar penyejukan didapati dalam seksyen pertama air memasuki menara penyejukan. Mereka juga mencadangkan satu korelasi empirik mewakili aliran keseluruhan bagi pemindahan jisim sebagai fungsi air dan kadar aliran udara serta suhu air masuk. Air pendingin keberkesanan juga diwakili sebagai fungsi sebagai fungsi nisbah aliran air- udara di seluruh data uji kaji.
  
3. J. C. Kloppers dan D.G. Kroeger (2005) telah membuat penyiasaan yang penting dalam analisis pemindahan haba dan jisim aliran berlawanan menara pendingin basah. Kajian ini memberikan terbitan terperinci persamaan haba dan pemindahan jisim bagi penyejukan penyejukan di menara pendinginan basah. Persamaan kaedah analisis Poppet juga di perolehi daripada prinsip-prinsip pertama. Kaedah Poppe adalah amat sesuai untuk menganalisis menara penyejukan hybrid supaya keadaan udara keluar dapat diramalkan dengan tepat. Persamaan kaedah Poppe diperluaskan untuk memberi gambaran yang lebih terperinci untuk bilangan Merkel. Perbezaan analisis pemindahan jisim dan teknik-teknik penyelesaian kaedah Merkel dan Poppe diterangkan dengan

bantuan gambar rajah entalpi dan carta psikrometer. Carta psikrometer diperluaskan supaya dapat mengira udara di keadaan panas yang terlampau.

4. M. Lemouri dan M. Boumaza (2007) menyiasat prestasi aliran bertentangan menara pendinginan basah dengan jenis bahan pengisi Radas Grid Menegak (VGA). Ketinggian „packing“ ialah 0.42 m dan mengandungi empat kepingan besi galvani yang berbentuk zigzag, antara yang ditonjolkan ialah tiga grid logam menegak selari dengan luas keratan rentas ujian 0,15 m x 0,148 m. Mereka member keutamaan kajian pada kesan udara, kadar aliran air dan suhu air masuk pada kadar keberkesanan haba menara penyejukan sebagai haba ditolak oleh menara dari air sejuk ke aliran udara yang dibebaskan ke atmosfera.

## 2.2 Jenis-jenis Menara Penyejuk.

Fungsi utama menara penyejuk ialah untuk menyediakan air sejuk untuk penghawa dingin, proses pembuatan dan juga penjana kuasa elektrik. Menara yang terkecil pernah direka digunakan untuk menyejukkan paip air di kawasan perumahan yang hanya 1 gelen per minit, manakala menara yang besar membekalkan air sejuk sehingga beribu-ribu gelen seminit yang ke dalam paip yang mempunyai diameter paip sehingga 15 kaki (kira-kira 5 meter) yang selalunya di dapati di loji-loji besar.

Menara pendingin merupakan komponen penting untuk sesuatu industri yang berfungsi untuk menghilangkan haba yang besar yang dikeluarkan oleh mesin-mesin di industri. Menara pendingin menggunakan teori pengewapan di mana haba panas diserap dengan menggunakan air dan kemudian sebahagian air panas tersebut diwapkan ke aliran udara yang bergerak dan akhirnya terus dibuang ke atmosfera.

Menara pendingin terbahagi kepada beberapa jenis:

1. Menara pendingin jenis draf semula jadi.

Menara pendingin jenis ini menggunakan perbezaan suhu antara udara luar dan udara yang lebih panas di bahagian dalam menara. Mengikut teori, udara panas akan mengalir ke atas menara, udara segar yang sejuk disalurkan ke menara melalui saluran udara di bahagian bawah. Disebabkan oleh reka bentuknya, kipas tidak diperlukan kerana pengaliran udara berlaku secara semula jadi.

Konkrit merupakan bahan utama untuk dinding menara dengan ketinggian boleh mencapai sehingga 200 meter, biasanya mempunyai kadar aliran air sehingga melebihi  $4500m^3$ /jam. Menara jenis ini hanya digunakan untuk industri yang menjana haba yang sangat besar disebabkan harga bagi struktur konkrit yang besar adalah sangat mahal.

Terdapat dua jenis menara jenis draf semula jadi.

- i) Menara aliran melintang : udara dialirkan melintasi air yang jatuh dan bahan pengisi berada di luar menara.
- ii) Menara dengan aliran yang berlawanan arah : haba yang panas disedut melalui air yang jatuh dan bahan pengisi terletak di bahagian dalam menara.

## 2. Menara pendingin jenis draf mekanikal.

Menara draft mekanik memiliki kipas yang besar untuk mengalirkan udara melalui air yang dialirkan. Air yang turun jatuh ke atas permukaan bahan pengisi, yang membantu meningkatkan waktu sentuhan di antara air dan udara di mana secara langsung akan meningkatkan kadar perpindahan panas di antaranya. Kelajuan kadar pendinginan menara draft mekanik bergantung kepada bahan faktor di antaranya ialah diameter kipas, jenis bahan pengisi, kecepatan operasi dan juga keluasan di dalam menara.

Menara jenis ini dibina dalam beberapa bentuk bergantung kepada beban dan dikategorikan mengikut jenis-jenis aliran udara.

- i) Menara pendingin jenis draf daya

Udara dialirkan ke menara menggunakan sebuah kipas yang terletak pada saluran udara masuk. Kelebihannya ialah sesuai untuk udara yang mempunyai rintangan yang tinggi kerana mempunyai kipas berprestasi tinggi.

ii) Menara pendingin aliran melintang jenis draf teraruh

Air panas akan masuk melalui saluran di bahagian atas menara dan melalui bahan pengisi. Udara akan masuk melalui salah satu sisi menara dan kipas draf teraruh akan mengalirkan udara keluar melalui bahan pengisi sehingga keluar pada puncak menara.

iii) Menara pendingin aliran berlawanan jenis draft teraruh.

Air panas masuk melalui saluran di puncak menara. Udara masuk melalui bahagian bawah dan kipas induced draft akan memaksa udara keluar melalui saluran di puncak menara.

### 2.3 Komponen-komponen Utama Menara Penyejuk.

Berdasarkan Stanford III, H.W. (2003).“ HVAC Water Chillers and Cooling Towers: Fundamentals, Applications, and Operations.”. Thomson Delmar Learning.

#### 1. Rangka.

Kebanyakan menara mempunyai kerangka struktur yang menutup komponen-komponen penting seperti selongsong, motor, kipas, dan komponen lain. Dengan reka bentuk yang lebih kecil, seperti beberapa unit gentian kaca, selongsong menjadi dasarnya.

#### 2. Bahan pengisi.

Fungsi utama bahan pengisi supaya luas sentuhan antara jisim air dengan udara bertambah untuk mempercepatkan proses kondensasi dan pemindahan haba.

#### 3. Dek basah/pembahagi air.

Dek ini terletak di bahagian atas menara dan berfungsi untuk membahagikan air masuk yang masuk dari kondenser secara rata dan sama ke atas bahan pengisi untuk memastikan pemindahan haba yang seragam.

Pada menara jenis melintang, dek ini tidak terdapat dalam aliran air dan selalunya terdiri daripada kolam takungan cetek atau besen dengan lubang di bahagian bawah yang terbahagi dengan sama yang terdiri daripada plastik, meter orifis. Air panas dari condenser dilepaskan ke dalam besen dari paip kembali untuk mengekalkan kedalaman yang seragam, 4-6 inci. Jadi, gravity untuk kadar aliran air melalui setiap saluran keluar di bahagian bawah akan seragam dan kadar pada setiap seksyen bahan pengisi akan menjadi sama.

Oleh sebab dek basah pada menara jenis melintang adalah terdedah kepada atmosfera, penutup besen yang boleh dibuka perlu dipasang untuk