

DOKUMEN PANDUAN

KECEKAPAN AIR BAGI REKABENTUK SISTEM DALAM BANGUNAN

Edisi 1: 2015



**CAWANGAN
KEJURUTERAAN
MEKANIKAL**

PRAKATA

Bersyukur ke hadrat Allah S.W.T kerana dengan limpah rahmat dan izinNya, Dokumen Panduan Kecekapan Air Bagi Rekabentuk Sistem Dalam Bangunan ini berjaya diterbitkan. Sekalung penghargaan dan syabas diucapkan kepada semua pihak yang terlibat secara langsung dan tidak langsung dalam menjayakan dan merealisasikan penerbitan dokumen ini.

Dokumen panduan ini diterbitkan bagi menyokong usaha JKR yang telah digariskan di dalam *Strategic Framework* jabatan untuk tema kelestarian. Selaras dengan itu, dokumen ini akan menjadi sumber rujukan kepada perekabentuk yang terlibat dalam merekabentuk sistem-sistem dalam bangunan untuk menghasilkan fasiliti yang boleh membantu pemilik-pemilik bangunan dalam usaha mengoptimumkan penggunaan air. Beberapa inisiatif yang telah digariskan di dalam dokumen ini juga boleh menjadi panduan kepada perekabentuk dalam mewujudkan inovasi dalam rekabentuk sistem dalam bangunan di masa akan datang yang seterusnya akan menjadikan JKR sebagai pusat rujukan teknikal pembangunan lestari khususnya di dalam pengurusan kecekapan air.

Akhir kata, diharapkan agar dokumen ini akan dapat dimanfaatkan sebaik mungkin oleh semua pihak dalam usaha untuk menjayakan komitmen negara ke arah penggunaan sumber secara lestari.

Ir. Syed Abdullah Bin Syed Abd Rahman

Pengarah Kanan

Cawangan Kejuruteraan Mekanikal

Ibu Pejabat Jabatan Kerja Raya Malaysia

ISI KANDUNGAN

PERKARA

MUKASURAT

Glosari	4
Singkatan	6
Pendahuluan	8
Objektif	9
Skop	10
Pemakaian Dokumen	10
Prinsip Asas Kecekapan Air	11
Seksyen A: Inisiatif Kecekapan Air Umum	12
Seksyen B: Inisiatif Kecekapan Air Bagi Sistem Penyaman Udara	21
Seksyen C: Inisiatif Kecekapan Air Bagi Sistem Pencegah Kebakaran	38
Seksyen D: Inisiatif Kecekapan Air Bagi Sistem Bekalan Air Dalam dan Sanitari	41
Senarai Semak Kecekapan Air	50
Rujukan	54

GLOSARI

Air: Air terawat yang diperolehi daripada pihak berkuasa air tempatan.

Aquifer: Lapisan bawah tanah yang mengandungi batuan telap air yang membenarkan sebarang bentuk cecair dan gas melaluinya.

Chiller: Mesin yang menyingkirkan haba daripada satu elemen dan memindahkannya ke elemen yang lain menerusi pelbagai proses pemindahan haba.

Cycle of concentration: Nisbah mineral terlarut antara air pada kitaran sistem menara penyejuk dengan air daripada tangki simpanan *make up water*.

Drift: Titisan air yang terlepas ke udara semasa proses pemindahan haba pada menara penyejuk.

Green building: Satu struktur yang direkabentuk, dibina, beroperasi, disenggara, dinaiktaraf dan dilupuskan dengan cekap sumber (tenaga, air dan sebagainya) serta mengambil berat akan kesan kepada alam sekitar.

Grey water: Air buangan yang terhasil daripada aktiviti berwudhu, mencuci dan mandi yang mana boleh diguna semula untuk aktiviti – aktiviti lain.

Fouling: Pemendapan dan pengumpulan bendasing seperti alga, pepejal terampai dan garam tidak larut pada permukaan dalaman dan luaran sesebuah peralatan penukar haba

Kecekapan air: Penggunaan air yang optimum tanpa menjejaskan keselesaan pengguna dan prestasi peralatan

Konduktiviti: Kemampuan suatu bahan untuk mengalirkan arus elektrik.

Legionnaires disease: satu bentuk pneumonia yang disebarkan menerusi sentuhan / sedutan terhadap tanah / air yang tercemar oleh bakteria *legionella*.

Make-up water: Simpanan air yang akan disalurkan ke dalam menara penyejuk bagi menggantikan air yang hilang akibat proses penyejukan, *drift*, kebocoran dan sebagainya.

Penyejatan (evaporation): Proses yang melibatkan perubahan fasa cecair kepada gas yang terdedah kepada atmosfera pada sebarang suhu yang kurang daripada takat didih cecair tersebut.

pH: Satu skala piawai yang digunakan bagi mengukur tahap keasidan dan kealkalian sesuatu larutan. Bacaan pH yang kurang daripada 7 menunjukkan larutan itu bersifat asid dan yang melebihi 7 menunjukkan ianya bersifat alkali.

Potable water: Air yang selamat untuk digunakan secara terus oleh manusia.

Retrofitting: Proses melakukan perubahan sistem dalam sesebuah bangunan yang telah siap dibina bagi tujuan meningkatkan prestasi bangunan tersebut.

Total Dissolved Solids (TDS): Jumlah mineral yang larut di dalam air.

Ultraviolet (UV): Radiasi elektromagnet dengan jarak gelombang (*wavelength*) yang lebih pendek berbanding cahaya biasa dan lebih panjang daripada sinaran X (*X-rays*)

Water closet: Tandas yang menggunakan simbahan air.

SINGKATAN

ABS	-	<i>Acrylonitrile butadiene styrene</i>
AHU	-	<i>Air handling unit</i>
ASHRAE	-	<i>American Society of Heating, Refrigerating & Air Conditioning Engineers</i>
BMS	-	<i>Building management system</i>
CVS	-	<i>Constant vacuum system</i>
FCU	-	<i>Fan coil unit</i>
GDC	-	<i>Gas district cooling</i>
gpm	-	<i>Gallon per minute</i>
HDPE	-	<i>High Density Polyethylene</i>
HVAC	-	<i>Heating, Ventilating & Air Conditioning</i>
JBPM	-	Jabatan Bomba dan Penyelamat Malaysia
JKR	-	Jabatan Kerja Raya
KeTTHA	-	Kementerian Tenaga, Teknologi Hijau dan Air
KKR	-	Kementerian Kerja Raya
L	-	Liter
m ²	-	Meter persegi
m	-	Meter
mm	-	Milimeter

m/s	-	<i>Meter per second</i>
NBR	-	<i>Nitrile butadiene rubber</i>
NFPA	-	<i>National Fire Protection Association</i>
PE	-	<i>Polyethylene</i>
pH	-	<i>Power of Hydrogen</i>
PP	-	<i>Polypropylene</i>
psi	-	<i>Pound per square inch</i>
PTFE	-	<i>Polytetrafluoroethylene</i>
PVC	-	<i>Polyvinyl Chloride</i>
SPAN	-	<i>Suruhanjaya Perkhidmatan Air Negara</i>
Sub-M	-	<i>Sub meter</i>
TDS	-	<i>Total Dissolved Solids</i>
TR	-	<i>Ton of refrigeration</i>
UV	-	<i>Ultraviolet</i>
VOD	-	<i>Vacuum on demand</i>
VRF	-	<i>Variable Refrigerant Flow</i>
WC	-	<i>Water closet</i>

PENDAHULUAN

Penggunaan air dalam sesebuah bangunan dapat dikurangkan sekiranya rekabentuk dan operasinya telah mengambil kira ciri – ciri *green building* yang antaranya melibatkan kecekapan penggunaan air.

Air merupakan antara komponen penting yang terlibat dalam pengoperasian sistem di dalam bangunan seperti sistem penyaman udara, sistem pencegah kebakaran serta sistem bekalan air & sanitari.

Meskipun Malaysia merupakan sebuah negara yang banyak menerima taburan hujan, pertambahan penduduk di kawasan bandar serta perubahan iklim dunia yang tidak menentu menyebabkan sumber air menjadi agak terhad. Selain daripada itu, peningkatan permintaan terhadap penggunaan air juga boleh disebabkan oleh perubahan gaya hidup, pertumbuhan kawasan bandar dan pembangunan ekonomi. Keterbatasan sumber yang disusuli dengan permintaan yang tinggi akan menyebabkan kos mendapatkan bekalan air semakin hari kian meningkat. Adalah menjadi tanggungjawab perekabentuk dalam menyediakan sistem dalam bangunan yang menggunakan air pada tahap yang paling optimum serta mampu mengelak atau mengawal daripada berlakunya pembaziran terhadap sumber air ini.

Pada tahun 2006, Kerajaan Malaysia menerusi KeTTHA telah melancarkan Kempen Kesedaran Penjimatan Air Kebangsaan yang bertujuan untuk memberi pendidikan kepada pengguna mengenai penjimatan air, mengenalpasti aktiviti yang menjimatkan air dalam sektor domestik dan menggalakkan aktiviti pengumpulan dan penggunaan semula air hujan.

Sementara itu, pengurusan tertinggi JKR juga telah menunjukkan komitmen yang tinggi dengan mewujudkan Jawatankuasa Induk Pembangunan Lestari dengan Cawangan Kejuruteraan Mekanikal dilantik mengetuai jawatankuasa kerja bagi kualiti persekitaran dalaman dan kecekapan air.

Sehubungan dengan itu, dokumen panduan ini diwujudkan dengan harapan ianya dapat membantu dalam usaha menyediakan dan menghasilkan sistem dalam bangunan yang mampu beroperasi dengan kadar penggunaan air yang paling optimum.

OBJEKTIF



Dokumen panduan ini bertujuan untuk membantu perekabentuk dalam menyediakan sistem di dalam bangunan yang mampu beroperasi dengan penggunaan air yang optimum.

Selain itu, ianya menawarkan inisiatif yang praktikal untuk mengurangkan jumlah penggunaan air tanpa mengganggu keselesaan, prestasi peralatan dan keperluan semasa pihak pelanggan.

Berpanduan kepada inisiatif yang telah digariskan di dalam dokumen ini, impak - impak berikut dijangka mampu terhasil untuk jangka masa panjang:

Tahukah anda?

- Jumlah keseluruhan air dunia yang ada pada hari ini sama banyaknya dengan jumlah yang wujud berjuta tahun dahulu.

Memelihara dan melindungi sumber bekalan air

Mengurangkan kos terhadap penggunaan air bagi sesebuah premis

Melindungi kesihatan dan alam sekitar

SKOP

Dokumen panduan ini menyediakan kriteria kecekapan air untuk digunakan bagi:

Semua bangunan baru dan bangunan sedia ada yang menjalani kerja *retrofitting* yang berada di bawah hak milik Kerajaan Malaysia.

Sistem utama dalam bangunan iaitu sistem penyaman udara, sistem pencegah kebakaran dan sistem bekalan air & sanitari.

PEMAKAIAN DOKUMEN PANDUAN

Dokumen panduan ini akan digunakan di peringkat jabatan (Jabatan Kerja Raya) dan ianya tidak akan mengatasi sebarang keperluan dan undang – undang daripada:

Pihak berkuasa tempatan yang melibatkan kebakaran, keselamatan, kesihatan dan alam sekitar.

Pihak berkuasa air negeri, KeTTHA dan Suruhanjaya Pengurusan Air Negara (SPAN).

Sekiranya terdapat mana – mana inisiatif atau kaedah yang digariskan di dalam dokumen ini yang bertentangan dengan keperluan pihak yang dinyatakan di atas, ianya tidak boleh digunakan.

PRINSIP ASAS KECEKAPAN AIR

Secara umumnya, perekabentuk yang terlibat dalam merekabentuk sistem dalam bangunan yang melibatkan penggunaan air boleh menggunakan prinsip - prinsip asas berikut sebagai langkah awal di peringkat perancangan:

- Mengutamakan sistem atau peralatan yang mempunyai kecekapan air yang tinggi
- Mengutamakan peralatan yang menggunakan teknologi tanpa air
- Mengutamakan peralatan yang kurang memerlukan air semasa penyenggaraan
- Memaksimumkan penggunaan air dari persekitaran (contoh: sungai, tasik, kolam tadahan, air hujan dan sebagainya)
- Mengitar semula air yang telah digunakan
- Memasang peralatan / peranti yang boleh mengurangkan / memantau penggunaan air
- Menggunakan paip, penyambung, injap dan tangki daripada bahan yang berkualiti
- Meminimumkan bilangan pepasang (sesiku, lengkuk, sambungan 'T' dan sebagainya) dan sambungan dalam sistem perpaipan

SEKSYEN A: INISIATIF KECEKAPAN AIR UMUM

Isu kecekapan air dalam sesebuah premis seharusnya dirancang di peringkat fasa rekabentuk. Di peringkat ini, kebolehlaksanaan sesuatu langkah kecekapan air itu adalah lebih tinggi dengan melakukan kajian semula terhadap rekabentuk yang berhubungkait dengan sistem pengagihan air, tangki simpanan air dan lain – lain sistem sokongan.

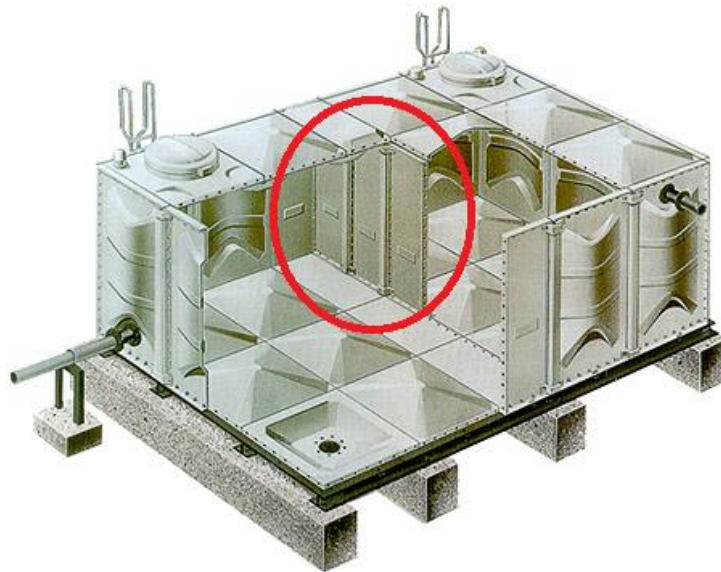
Berikut merupakan enam (6) inisiatif umum yang boleh dipertimbangkan oleh setiap perekabentuk untuk diaplikasikan kepada sistem utama dalam bangunan yang dinyatakan di dalam skop:

Inisiatif 1: Tangki simpanan air dengan dua (2) bahagian berasingan

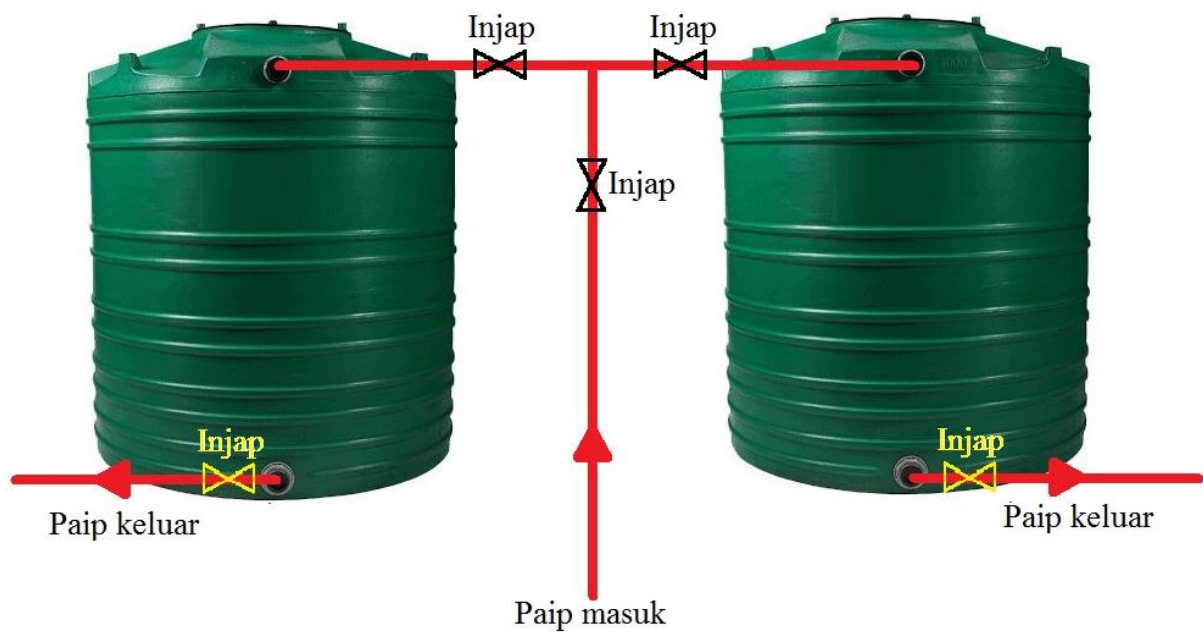
Secara asasnya, fungsi tangki simpanan air ini adalah bagi menyeragamkan kadar pengepaman, memastikan sistem sentiasa dalam tekanan dan menyediakan simpanan air terawat bagi meminumkan kesan semasa gangguan bekalan. Bagi tujuan penyenggaraan, tangki ini biasanya dicuci dan ianya perlu dikosongkan. Kebiasaannya, baki air di dalam tangki tersebut akan dialirkan ke dalam sistem perparitan.

Bagi tujuan kecekapan air, tangki ini seharusnya direkabentuk kepada dua (2) bahagian yang berasingan yang mana setiap satu (1) bahagian akan menampung sejumlah 50% kandungan jumlah air berbanding kapasiti sebenar tangki itu. Dengan wujudnya dua (2) bahagian ini, satu (1) bahagian tangki tersebut boleh diselenggara sementara satu (1) bahagian lagi masih boleh membekalkan air kepada pengguna.

Perlu dipastikan bahawa paip masuk dan keluar hendaklah disediakan pada kedua – dua bahagian tangki tersebut. Selain daripada itu, injap juga perlu disediakan bagi kedua – dua bahagian untuk mengawal aliran masuk ke tangki dan keluar daripada tangki.

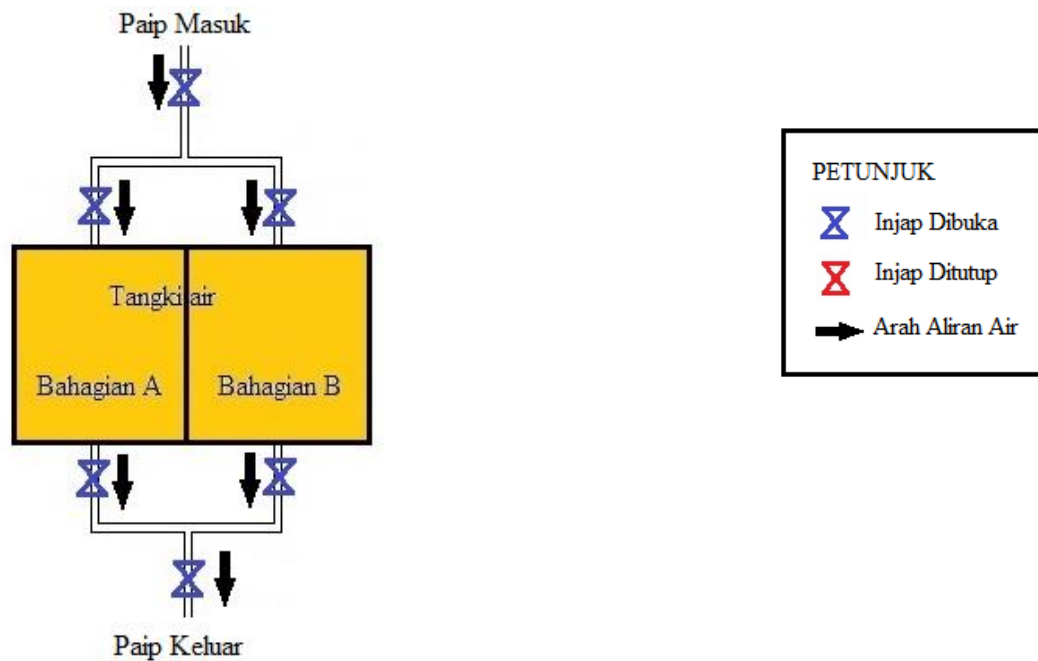


Rajah 1: Tangki air jenis panel yang dilengkapi dengan dinding pemisah (bulatan merah) bagi mewujudkan dua (2) bahagian berasingan.

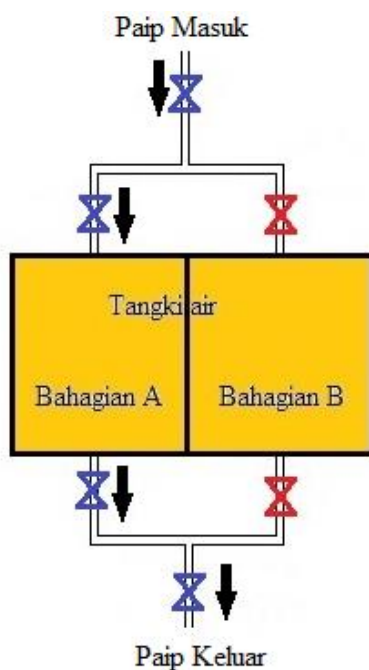


Rajah 2: Pemasangan paip terhadap tangki jenis *poly* atau HDPE bagi mewujudkan dua (2) bahagian berasingan

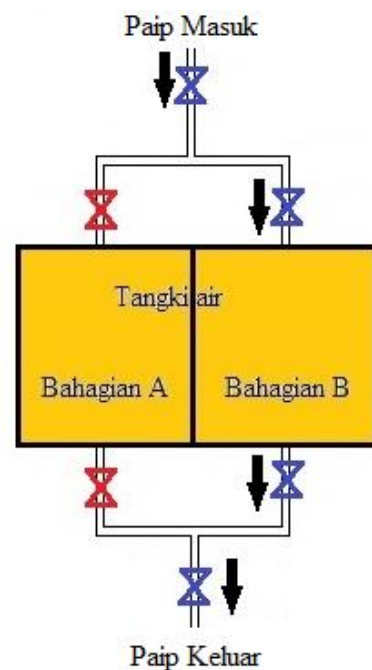
Dengan merujuk kepada rajah 3 hingga 5 di bawah, berikut merupakan keadaan injap yang perlu ditetapkan mengikut kepada situasi – situasi tertentu:



Rajah 3: Ketika operasi biasa



Rajah 4: Penyenggaraan tangki bahagian B

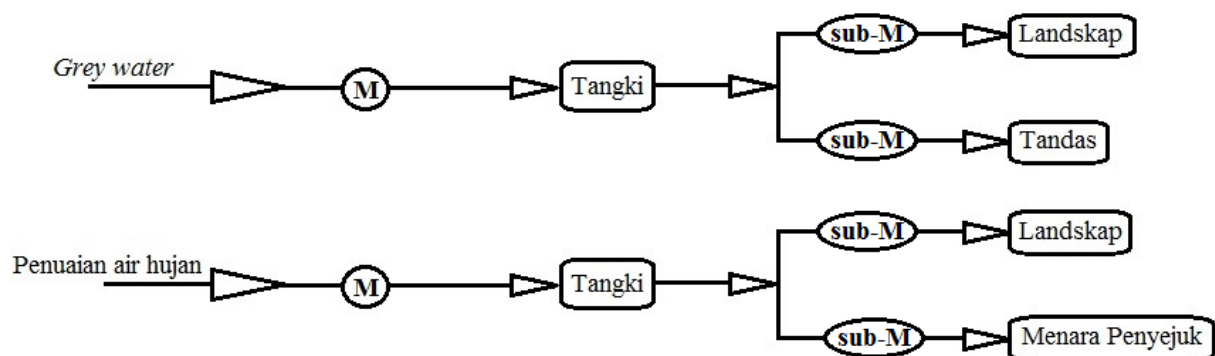


Rajah 5: Penyenggaraan tangki bahagian A

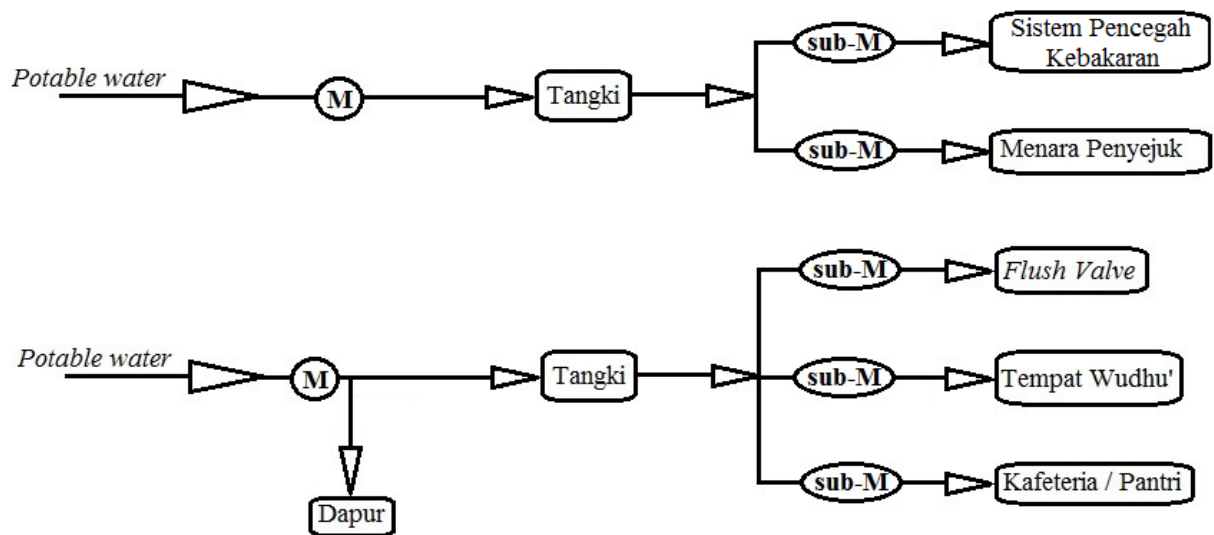
Inisiatif 2: Penggunaan *sub meter*

Merekabentuk satu sistem pengagihan air yang berasingan bagi setiap sektor / fungsi berbeza merupakan satu (1) pendekatan yang boleh diambil dalam meningkatkan pemantauan terhadap penggunaan air. Setiap sistem agihan itu boleh diasingkan mengikut kawasan dalam premis atau jenis penggunaan air tersebut. Satu (1) meter aliran (*sub meter*) dipasang pada setiap sistem agihan bagi tujuan pengukuran penggunaan air. Pemantauan yang dibuat pada setiap meter aliran akan membantu pemilik premis memahami paten / corak penggunaan air bagi setiap sektor / fungsi berbeza di dalam premis tersebut selain memudahkan mengenalpasti sekiranya berlaku sebarang kebocoran atau penggunaan air secara luar biasa.

Pemasangan meter aliran ini hendaklah berada di kawasan yang mudah diakses dan adalah dicadangkan untuk diletakkan di lokasi – lokasi berikut:



Rajah 6: Cadangan lokasi sub meter **sub-M** bagi fungsi berbeza bagi air yang dikitar semula



Rajah 7: Cadangan lokasi sub meter **sub-M** bagi fungsi berbeza bagi *potable water*



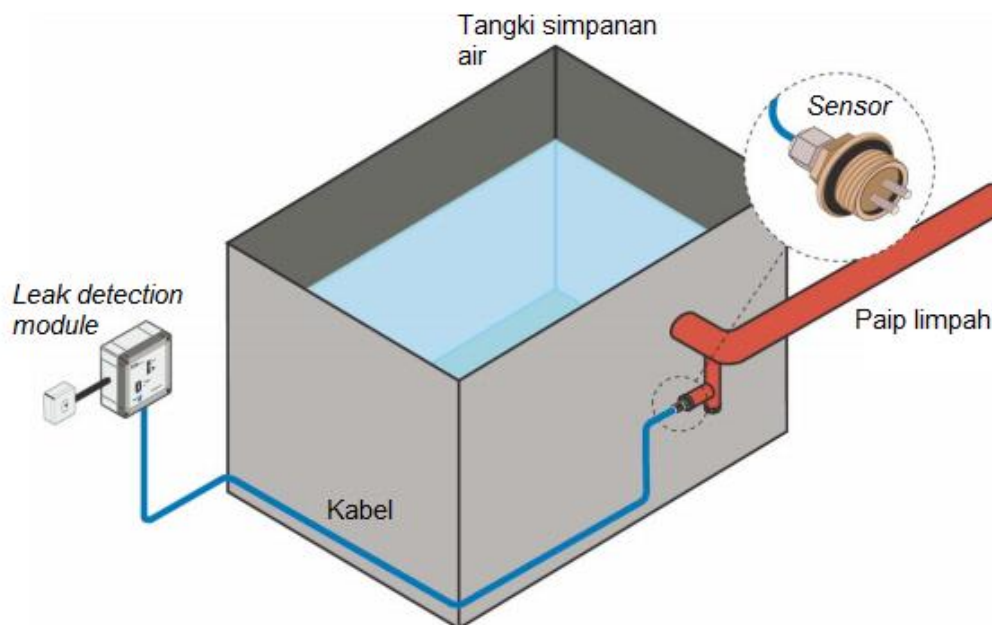
Rajah 8: Contoh sub meter yang dipasang pada *make up water tank* ke menara penyejuk

Inisiatif 3: *Overflow sensor* pada paip limpah

Bagi mengelakkan berlakunya limpahan air pada tangki simpanan air, satu *sensor* boleh dipasang di setiap paip limpah bagi kesemua tangki. *Sensor* yang dipasang ini perlu berupaya memberi amaran kepada pemilik premis bahawa berlakunya kebocoran air pada tangki – tangki tertentu. Selain daripada itu, *sensor* tersebut juga boleh dihubungkan dengan BMS (pada mana – mana bangunan yang dilengkapi dengan sistem BMS) bagi tujuan rekod dan pemantauan di masa akan datang.

Tahukah anda?

- Kebocoran yang berlaku dengan hanya setitis air sesaat boleh menyebabkan pembaziran air hampir 2,500 gelen setahun



Rajah 9: Pemasangan *overflow sensor* pada paip limpah

Inisiatif 4: Pemilihan jenis *level switch*

Masalah titisan / limpahan air (*overflow*) pada tangki mudah dikenali dengan melihat pada paip limpah. Antara penyebabnya ialah apabila *level switch* yang mengawal aliran air telah rosak atau ditetapkan pada pelarasan yang tidak betul. Kebiasaannya, *float type level switch* berbentuk pelampung yang diperbuat daripada PP (*poly propylene*) yang paling banyak digunakan.

Bagi mengatasi masalah ini, perekabentuk mempunyai pilihan dalam menentukan jenis dan bahan *level switch* yang perlu digunakan dalam mengawal aliran air ke dalam tangki. Antara bahan untuk pelampung yang boleh digunakan bagi *level switch* jenis *float* adalah daripada keluli tahan karat, tembaga, NBR, PTFE dan ABS resin. Selain daripada itu, penggunaan *level switch* jenis *electrode* dan *displacement* juga boleh dijadikan alternatif kepada penggunaan *level switch* jenis *float* terutamanya kepada tangki simpanan air yang menerima air melalui sistem pam.



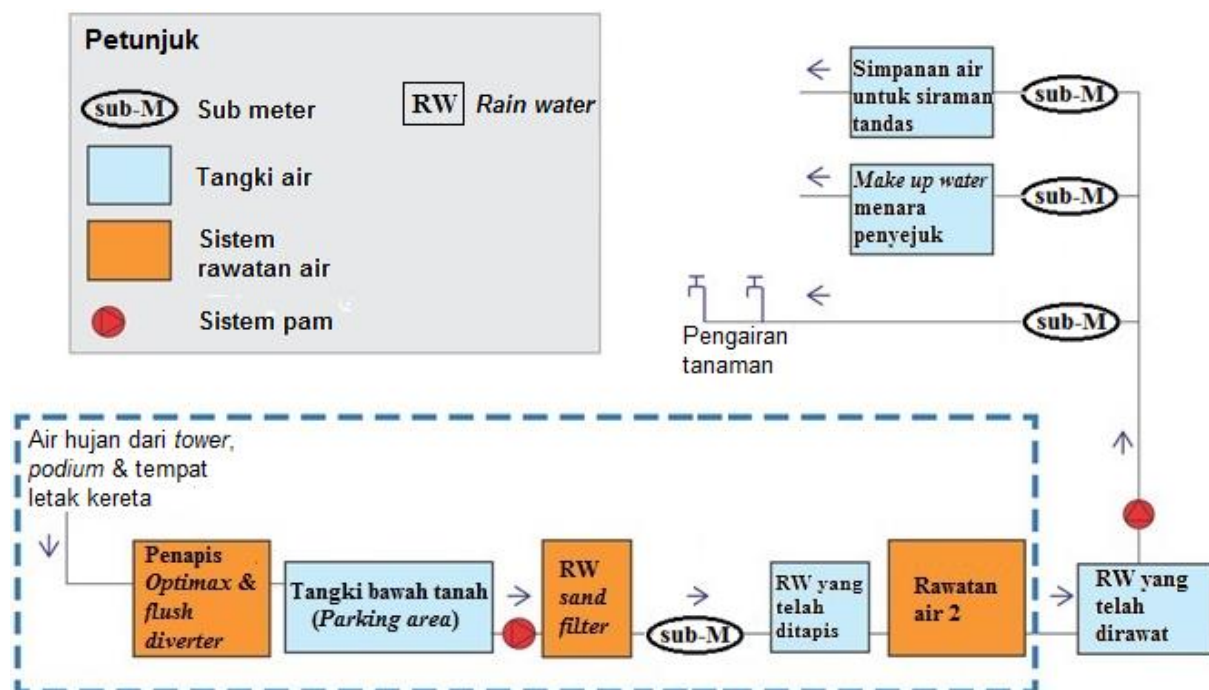
Rajah 10: Alternatif kepada penggunaan *level switch* jenis *float*

Inisiatif 5: Sistem penuaian air hujan

Memandangkan negara ini mempunyai purata taburan hujan tahunan yang agak tinggi iaitu di antara 1,787 mm – 4,159 mm, sumber air hujan ini dilihat berpotensi dalam mengurangkan penggunaan *potable water* dalam operasi harian di sesebuah premis. Sistem ini juga dilihat mampu untuk mengelakkan masalah banjir kilat bilamana berlakunya pengurangan jumlah air yang masuk ke dalam sistem perparitan. Air hujan ini boleh dikumpul menerusi sistem *gutter* yang dipasang pada bumbung bangunan atau *perimeter drain* yang berada di sekeliling premis.

Kualiti air hujan yang dikumpul ini adalah bergantung kepada lokasi hujan, keadaan permukaan bumbung bangunan yang digunakan bagi memerangkap air serta jenis tangki simpanan. Secara amnya air hujan mempunyai kandungan TDS yang rendah dan terdapat kemungkinan perlunya kepada satu sistem penapisan dan rawatan air yang mudah sebelum ianya digunakan sebagai *non potable water*.

Rajah 11 di bawah menunjukkan contoh sistem penuaian air hujan yang diaplikasikan di dalam pembangunan Kompleks KKR2.



Rajah 11: Skematik bagi sistem penuaian air hujan di Kompleks KKR2

Di antara aktiviti yang boleh menggunakan air hujan ini sebagai ganti kepada penggunaan *potable water* termasuk:

Pengairan tanaman dan landskap

Menara penyejuk dan *make up water tank*

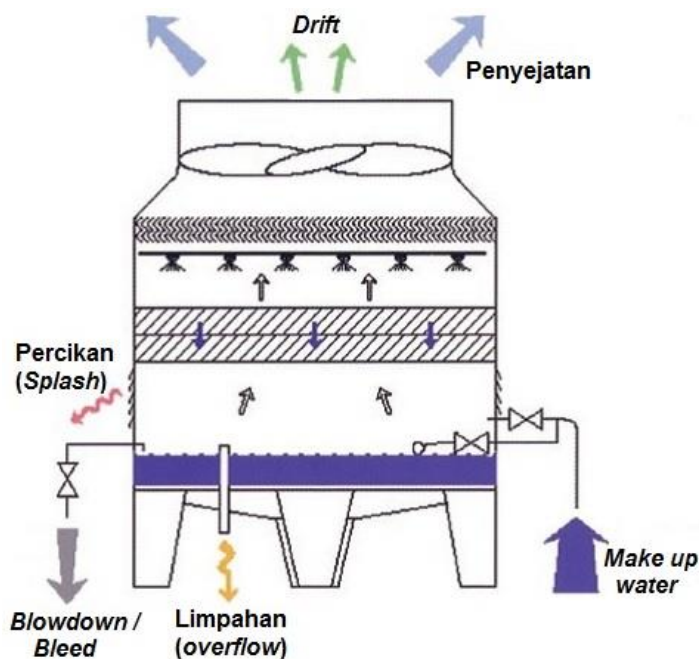
Mencuci bangunan, kenderaan dan sebagainya

Sistem simbahan tandas

SEKSYEN B: INISIATIF KECEKAPAN AIR BAGI SISTEM PENYAMAN UDARA

Kajian menunjukkan 25 – 35 peratus penggunaan air sesebuah premis itu datanganya daripada sistem penyaman udara yang menggunakan peralatan menara penyejuk (*Sumber: PUB, Singapore's National Water Agency: 2013*). Penekanan perlu diberikan kepada rekabentuk, pengoperasian dan penyenggaraan peralatan ini sekiranya kadar penggunaan air hendak dioptimumkan.

Secara amnya, air di dalam menara penyejuk boleh berkurang disebabkan oleh proses penyejatan, limpahan (*overflow*), kebocoran (*leaking*), percikan (*splash*), *drift* dan *blowdown / bleed*. Kehilangan ini boleh dikawal / dikurangkan melalui rekabentuk, pemasangan dan penyenggaraan yang baik dan sempurna.



Tahukah anda?

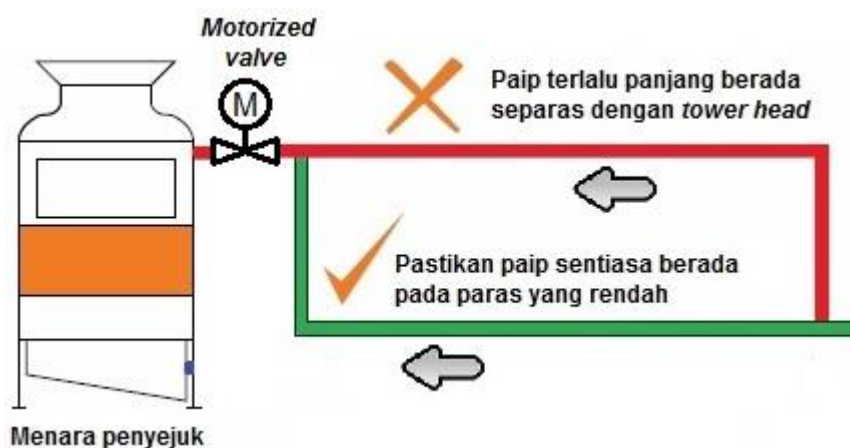
- Kadar penyejatan adalah berkadar terus dengan beban haba yang perlu disingkirkan. Secara anggaran, kadar kehilangan air akibat penyejatan adalah sebanyak 3 gpm / 100 TR

Rajah 12: Kehilangan air pada menara penyejuk

Inisiatif 1: Susun atur paip

Limpahan air (*overflow*) boleh berlaku disebabkan oleh susun atur paip yang tidak betul. Paip kondenser yang terlalu panjang yang berada separas dengan ketinggian *tower spray head* akan membenarkan air di dalam paip masuk ke dalam basin setelah pam berhenti beroperasi. *Motorized butterfly valve* yang dipasang pada setiap sambungan paip ke menara penyejuk juga tidak dapat mengelakkan berlakunya masalah ini kerana injap tersebut mengambil sedikit masa untuk tertutup sepenuhnya.

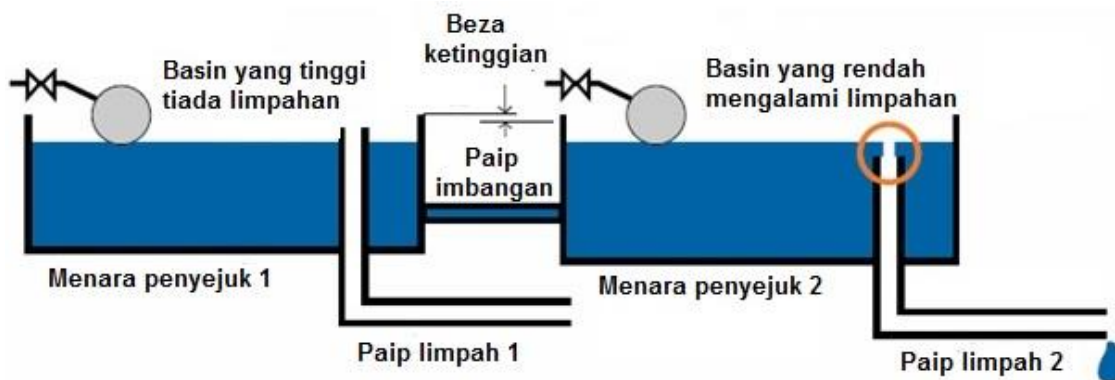
Masalah ini boleh dikenalpasti dengan melihat keadaan paip limpah (terdapat titisan air) sejurus selepas pam berhenti beroperasi. Untuk mengatasi masalah ini, konfigurasi paip perlu diubah. Pastikan paip dipasang pada aras yang minimum seperti pada rajah 13 di bawah.



Rajah 13: Susun atur paip ke menara penyejuk

Inisiatif 2: Keseimbangan air antara menara

Apabila terdapat dua (2) atau lebih menara penyejuk yang dihubungkan antara satu sama lain, keseimbangan air yang tidak sempurna juga mampu menyebabkan masalah limpahan air (*overflow*) ini terjadi. Ianya mungkin disebabkan oleh pelarasan *level switch* daripada jenis *float valve* yang tidak sama antara satu menara dengan menara yang lain, penggunaan menara penyejuk dengan saiz yang berbeza, kesilapan rekabentuk sistem perpaipan atau ketinggian basin yang tidak konsisten.



Rajah 14: Keseimbangan air yang tidak sempurna antara dua (2) menara penyejuk

Inisiatif 3: Mengelakkan masalah percikan air (*splash*)

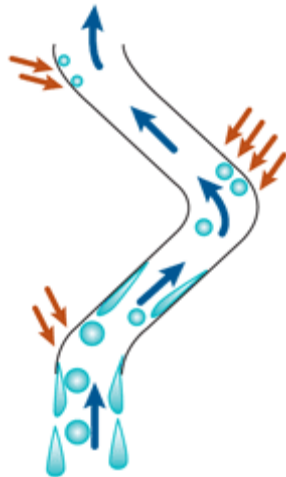
Masalah ini boleh dikenalpasti apabila terdapat kesan lembapan / basah di sekeliling menara penyejuk. Ianya boleh berlaku akibat daripada rekabentuk menara itu sendiri (jenis bulat atau empat segi) serta keadaan panel sisi (*louvers*) yang telah rosak.

Bagi mengatasi masalah ini penggunaan menara penyejuk jenis bulat (*round type*) adalah tidak digalakkan memandangkan menara penyejuk jenis ini tidak dilengkapi dengan *anti splash louvers*. Masalah ini juga boleh diatasi dengan memastikan yang menara tersebut dilengkapi dengan *splash mat* (bergantung kepada jenis menara penyejuk).

Pemasangan *anti splash louvers* ini juga dapat mengurangkan kesan jumlah cahaya matahari daripada mengenai takungan air di dalam basin yang secara tidak langsung mengurangkan pertumbuhan alga. Manakala pemasangan *splash mat* pula dapat mengurangkan kesan bunyi air yang jatuh ke dalam basin.

Inisiatif 4: Mengelakkan masalah *drift*

Di dalam industri pembuatan menara penyejuk di Malaysia, kesemua menara penyejuk jenis *counter flow* adalah dilengkapi dengan *drift eliminator* tetapi bagi jenis *cross flow*, ianya merupakan satu peralatan pilihan.



Namun begitu, bagi mencapai matlamat kecekapan air di dalam sistem ini, kesemua menara penyejuk perlu mengikut piawai yang telah ditetapkan di dalam ASHRAE 191P di mana pengurangan *drift* perlu sehingga kadar 0.002% daripada jumlah air di dalam sistem bagi menara penyejuk jenis *counterflow* dan sehingga kadar 0.005% daripada jumlah air di dalam sistem bagi menara penyejuk jenis *crossflow*.

Kadar *drift* yang lebih rendah menunjukkan sistem tersebut mengalami kehilangan air yang minimum sekaligus mengurangkan penggunaan air daripada *make up water tank*.

Rajah 15: Titisan air melalui *drift eliminator*

Inisiatif 5: Meningkatkan kitaran kepekatan

Proses penyejatan yang berlaku bagi tujuan penyejukan akan menyumbang kepada pembentukan pepejal terlarut dan meningkatkan kepekatan mineral (kalsium, magnesium, sodium dll.) di dalam air tersebut. Sekiranya air ini tidak dineutralkan, mineral di dalam air tersebut akan menyebabkan berlakunya *scaling* pada permukaan peralatan dan mengurangkan kecekapan proses pemindahan haba serta menyebabkan kerosakan pada sistem. Kadar kepekatan mineral perlu dikawal dengan mengeluarkan sebahagian air daripada sistem dan ditambah semula dengan air daripada *make up water tank*. Air yang dikeluarkan daripada sistem inilah yang disebut sebagai *blowdown / bleed water*.

Tahukah anda?

- Dengan hanya meningkatkan kitaran kepekatan (*cycle of concentration*) daripada 2 kepada 6, mampu memberi penjimatan lebih kurang 40% daripada penggunaan air

Daripada sudut kecekapan air, apa yang diperlukan adalah mencapai tahap kitaran kepekatan (*cycle of concentration*) yang maksimum bagi memastikan jumlah *blowdown / bleed water* dan penggunaan air daripada *make up water tank* dapat dikurangkan. Antara langkah – langkah yang boleh dijalankan di peringkat rekabentuk dalam usaha meningkatkan kitaran kepekatan (*cycle of concentration*) ini termasuk:

Langkah 1: Penggunaan pengawal konduktiviti

Pemasangan pengawal konduktiviti (*conductivity controller*) mampu mengawal jumlah dan masa yang sesuai untuk mengeluarkan air (*blowdown / bleed*) daripada sistem. Pengawal ini akan beroperasi secara automatik dengan membuka injap solenoid (melepaskan sejumlah air) apabila ianya mengesan konduktiviti di dalam air melebihi paras konduktiviti yang telah ditetapkan. Semakin tinggi bacaan paras konduktiviti air di dalam sesebuah sistem itu menandakan semakin tinggi kandungan TDS dan mineral dalam air tersebut.



Rajah 16: Antara contoh pengawal konduktiviti

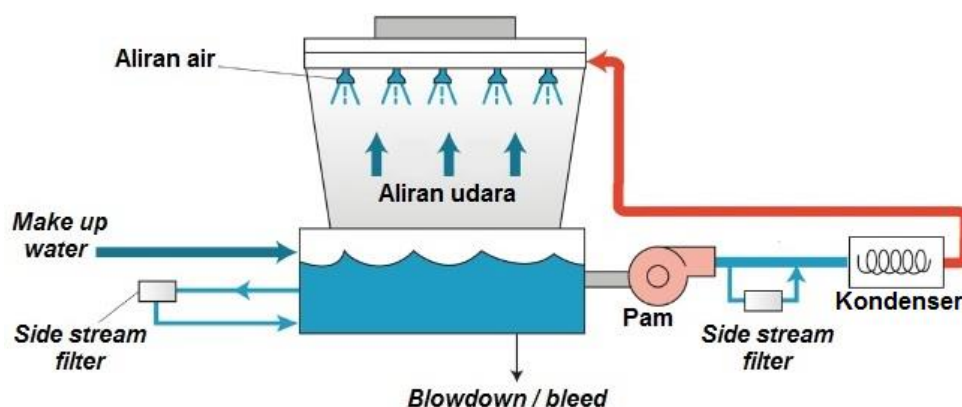
Langkah 2: Penggunaan *side stream filtration*

Side stream filtration ini akan menapis sebahagian daripada air di dalam sistem penyejukan secara berterusan. Air yang telah ditapis kemudiannya di pam semula ke dalam laluan paip kondenser atau ke dalam *basin (sump)*. Rajah 17 menunjukkan dua (2) contoh kedudukan *side stream filtration* yang biasa dipasang pada sistem menara penyejuk. Pelbagai jenis penapis yang boleh digunakan dalam sistem ini dan boleh dibahagikan kepada 4 kategori asas iaitu:



Bagi memastikan sistem *Side stream filtration* ini beroperasi secara optimum, ianya memerlukan tekanan antara 20 psi hingga 30 psi bagi mengatasi kejatuhan tekanan yang wujud pada penapis yang digunakan. Namun begitu, kesemua sistem *side stream filtration* ini mempunyai tekanan bekerja maksimumnya yang tersendiri mengikut kepada jenis penapis yang digunakan. Sebagai contoh, *sand filter* mempunyai had 80 psi manakala penapis jenis mekanikal seperti *screen filter* pula mempunyai had sebanyak 150 psi.

Dalam memilih untuk menggunakan sistem *side stream filtration* ini, beberapa perkara penting perlu diberi pertimbangan. Antaranya jenis bendasing yang hendak ditapis, saiz dan jenis penapis, kaedah pemasangan serta penilaian ekonomikal termasuk kos kitaran hayat.



Rajah 17: Dua (2) lokasi pemasangan *side stream filter* pada sistem perpaipan menara penyejuk



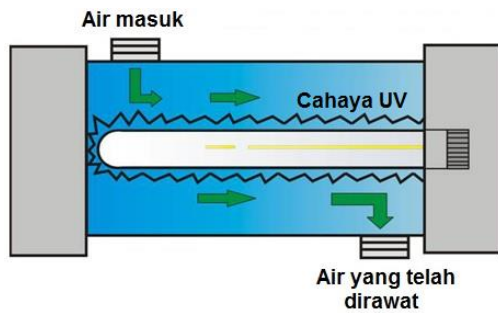
Rajah 18: Contoh *side stream filtration* yang dipasang pada menara penyejuk di Universiti Monash, Bandar Sunway

Langkah 3: Sistem rawatan air tanpa bahan kimia

Tujuan rawatan air dijalankan adalah bagi mengurangkan gangguan ke atas operasi sistem menara penyejuk daripada masalah pembentukan *scale*, pengaratan dan pembentukan alga sekaligus mengurangkan kadar air yang perlu dikeluarkan menerusi *blowdown / bleed*. Terdapat 2 jenis sistem rawatan air iaitu dengan menggunakan bahan kimia dan tanpa bahan kimia.

Pelbagai jenis rawatan air tanpa bahan kimia yang boleh diaplikasikan pada menara penyejuk ini. Pilihannya adalah bergantung kepada perekabentuk dengan berdasarkan kepada kos yang disediakan, kualiti air yang digunakan, penyenggaraan yang perlu dilakukan dan bilangan kitaran kepekatan yang diinginkan.

Salah satu sistem rawatan air tanpa bahan kimia yang mudah, murah dan biasa digunakan adalah rawatan dengan cahaya *ultraviolet* (UV). Ianya berfungsi dengan air tersebut dialirkan menerusi satu ruang khas yang dipancarkan dengan cahaya UV. Cahaya ini akan menyerang mikroorganisma yang terdapat di dalam air tersebut.



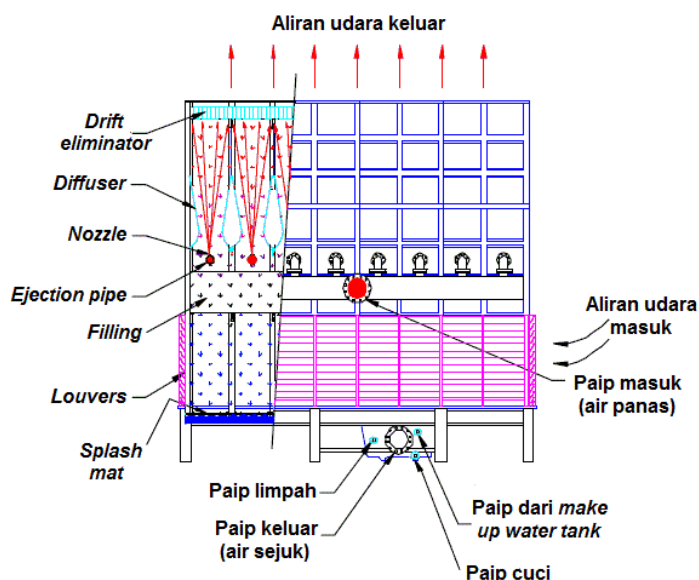
Rajah 19: Sistem rawatan air yang menggunakan cahaya UV

Antara sistem – sistem rawatan air tanpa menggunakan bahan kimia yang lain termasuklah rawatan yang menggunakan magnetik dan elektrostatik.

Inisiatif 6: Penggunaan menara penyejuk jenis *natural draft*

Kebiasaannya, menara penyejuk yang digunakan di dalam sistem penyaman udara di negara ini adalah daripada jenis *mechanical draft* yang menggunakan kipas bermotor. Kipas tersebut berfungsi bagi menyedut aliran udara luar untuk masuk ke dalam menara.

Selain daripada jenis tersebut, terdapat menara penyejuk jenis *natural draft*. Sesuai dengan namanya, menara penyejuk ini tidak menggunakan kipas dan motor tetapi menggunakan konsep perolakan semulajadi bagi mendapatkan aliran udara masuk ke dalam menara.



Rajah 20: Menara penyejuk jenis *natural draft*

Menara penyejuk jenis ini menggunakan kelebihan pada tekanan air yang terhasil menerusi paip khas (*ejection pipe & nozzle*). Udara daripada luar disedut masuk ke dalam menara secara semulajadi disebabkan tekanan yang tinggi telah terhasil setelah air tadi melalui *diffuser*.

Drift eliminator yang berada pada kedudukan atas menara dapat menghalang kotoran / debu daripada bercampur dengan air di dalam menara. Kadar drift juga berkurang sebanyak 90% berbanding penggunaan menara jenis *mechanical draft*. Tanpa adanya penggunaan kipas bermotor ini juga mampu menyumbang kepada pengurangan kadar kehilangan air yang disebabkan oleh penyejatan. Antara kelebihan dan kekurangan yang boleh didapati dengan menggunakan menara penyejuk jenis ini:

Kelebihan Menara penyejuk jenis <i>natural draft</i>	Kekurangan Menara penyejuk jenis <i>natural draft</i>
• Kadar kehilangan air yang lebih rendah • Beroperasi pada keadaan yang lebih senyap • Kurang mengalami getaran. <i>Vibration isolator</i> tidak diperlukan • Rekabentuk modular • Kos operasi dan penyenggaraan yang sangat rendah	• <i>Pump head</i> yang lebih tinggi diperlukan • Kos permulaan yang tinggi • Keperluan ruang yang lebih besar

Inisiatif 7: Penggunaan sumber air alternatif

Dalam sesebuah sistem yang menggunakan menara penyejuk, tidak menjadi satu kemestian yang air yang digunakan hendaklah daripada sumber air daripada paip bekalan utama atau *potable water*. Penggunaan air tasik, sungai, laut serta air yang dikitar semula (*recycled*) dan air yang ditebus guna (*reclaimed*) boleh dijadikan alternatif dalam operasi menara penyejuk.

Sumber 1: Air semulajadi

Apabila sesebuah premis itu dibangunkan berdekatan dengan kawasan yang mempunyai sumber air yang banyak seperti tasik, sungai atau laut, sebenarnya ia memberi ruang kepada perekabentuk dalam menggunakan sumber air tersebut sebagai *heat sink* semulajadi.

Walaupun bagaimanapun, di negara ini, teknologi yang menggunakan sumber air semulajadi seperti ini masih dilihat sebagai satu sistem yang sukar diselenggara. Terlalu banyak isu yang perlu ditangani dengan sempurna semasa di peringkat rekabentuk seperti pemilihan bahan yang sesuai mengikut jenis sumber air yang digunakan apatah lagi jika melibatkan air laut yang mempunyai tahap hakisan yang tinggi. Selain daripada itu, isu alam sekitar juga perlu dititik beratkan dengan mengetahui kandungan serta suhu air yang hendak dilepaskan semula ke dalam laut atau tasik.

Kos permulaan dan senggaraan yang sangat tinggi berbanding sistem konvensional merupakan antara penyebab yang sistem ini tidak popular untuk digunakan buat masa ini.

Sumber 2: Bore water

Bore water merupakan air daripada tanah yang diperolehi dengan menjalankan proses penggerudian kepada satu kedalaman yang sesuai hingga mencapai ke bahagian *aquifer*.

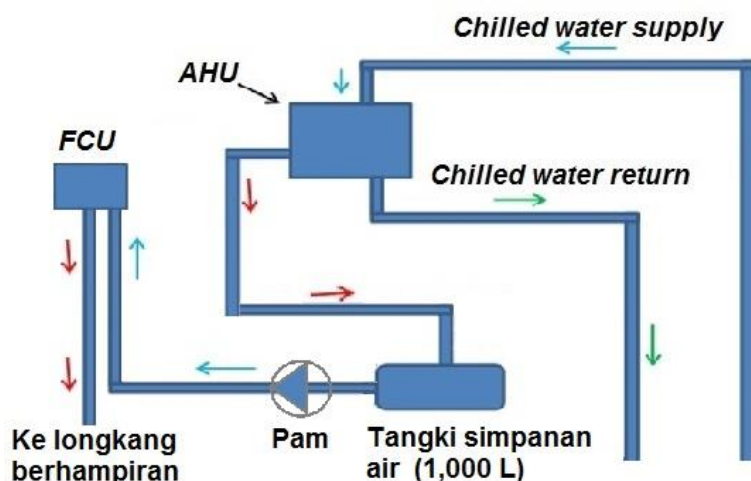
Adalah menjadi satu keperluan terlebih dahulu untuk kualiti air ini dinilai dengan teliti akan kandungan TDS, pH serta kecenderungan berlakunya pengurangan kepada peralatan yang digunakan. Satu sistem perawatan air juga perlu disediakan sebelum ianya digunakan sebagai alternatif kepada *potable water* dalam sistem menara penyejuk.

Sumber 3: Condensate water

Sistem penyaman udara direkabentuk dengan mempunyai paip yang mengalirkan *condensate water* daripada *cooling coil* sebagai air buangan. Kebiasaannya air ini akan dialirkan ke sistem perparitan berhampiran. Ia merupakan satu bentuk pembaziran apabila air yang dibuang tersebut adalah di dalam keadaan yang bersih, mempunyai suhu yang rendah dan pH yang sesuai (pH berkali antara 8 – 8.5). Penggunaan semula air ini juga tidak memerlukan kepada sebarang proses rawatan yang rumit.

Bagi mencapai matlamat sistem yang cekap air, satu rekabentuk yang mampu untuk mengumpul dan menggunakan semula air (*condensate water*) tersebut perlu diwujudkan. Mengikut kesesuaian rekabentuk, air tersebut boleh dialirkan semula ke laluan paip *chilled water return*, dialirkan ke *make up water tank* atau digunakan pada mana – mana peralatan yang beroperasi dengan menggunakan air.

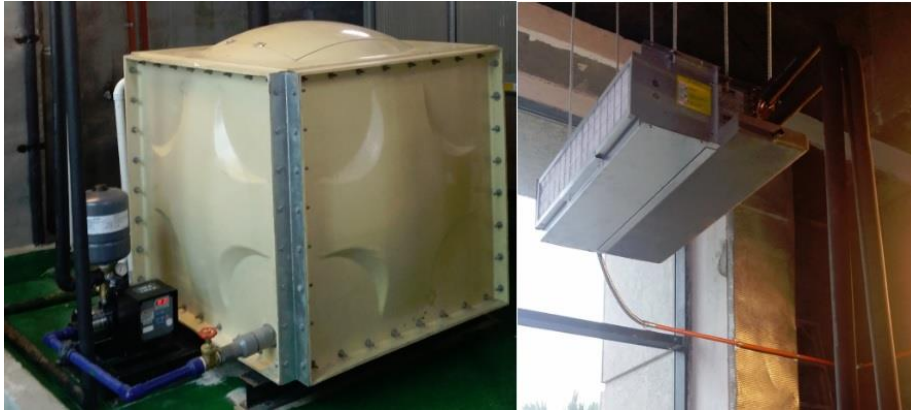
Sebagai contoh, sistem pengumpulan semula air (*condensate water*) yang diaplikasikan di Perdana Putra, Putrajaya menggunakan semula air tersebut bagi operasi satu (1) unit FCU. FCU tersebut adalah bagi kegunaan *electrical riser* yang terletak bersebelahan dengan bilik AHU. Di dalam kes ini, air tersebut tidak dialirkan semula ke dalam paip *chilled water return* disebabkan oleh sumber *chilled water* bagi semua bangunan di Putrajaya diperolehi menerusi GDC.



Tahukah anda?

- Bagi sebuah pejabat yang mempunyai keluasan lantai 10,000 m², sistem penyaman udaranya mampu menghasilkan *condensate water* sehingga 170 L/jam.

Rajah 21: Lukisan skematik bagi sistem pengumpulan semula *condensate water* yang diaplikasikan di Perdana Putra, Putrajaya



Rajah 22: Tangki simpanan air 1,000L & pam (kiri) dan FCU yang menggunakan *condensate water* (kanan)

Inisiatif 8: Alternatif kepada penggunaan menara penyejuk

Terdapat pelbagai alternatif lain yang boleh digunakan bagi tujuan menyingkirkan haba daripada sesebuah sistem penyalutan udara berbanding penggunaan menara penyejuk. Alternatif yang dijelaskan di bawah ini mampu menyumbang kepada penjimatan kepada penggunaan air.

Alternatif 1: Penyejukan udara

Sistem ini hanya menggunakan udara persekitaran luar bagi menyerap tenaga haba yang disingkirkan oleh bahan penyejuk semasa proses pemeluwapan (*condensation*). Oleh kerana tidak menggunakan air dan tiada menara penyejuk, sistem ini dapat menjimatkan penggunaan air bagi sesebuah premis.

Sistem penyejukan udara ini juga secara asasnya lebih mudah dan murah untuk diselenggara kerana kurangnya peralatan yang diperlukan berbanding penyejukan air. Namun begitu perekabentuk perlu bijak dalam menentukan sistem yang sesuai apabila sistem yang menggunakan penyejukan udara bukanlah sentiasa menjadi pilihan terbaik dalam semua keadaan. Oleh kerana udara merupakan konduktor haba yang lemah, maka unit kondenser bagi sistem ini kebiasaannya lebih besar dan kurang cekap berbanding unit kondenser bagi sistem penyejukan air. Perekabentuk juga perlu sedar yang sistem penyejukan udara menggunakan lebih tenaga elektrik berbanding dengan sistem penyejukan air kerana saiz pemampat yang diperlukan lebih besar. Berikut merupakan antara beberapa kelebihan dan kekurangan dengan menggunakan sistem penyejukan udara:

Kelebihan Penyejukan udara

- Tidak melepaskan bahan kimia ke dalam sistem pembentukan
- Keperluan penyenggaraan yang rendah
- Risiko terhadap kesihatan (*legionnaires disease*) lebih rendah
- Kos operasi yang rendah bagi kapasiti *chiller* yang kecil

Kekurangan Penyejukan udara

- Penggunaan tenaga yang tinggi
- Keperluan kepada infrastruktur elektrik yang lebih besar
- Kecekapan penyingkiran haba yang kurang
- Keperluan ruang yang lebih besar
- Tahap kebisingan yang tinggi bagi unit berkapasiti besar

Alternatif 2: Sistem *variable refrigerant flow*

Atas perkembangan teknologi dalam sistem penyaman udara, kini wujudnya sistem yang membenarkan sambungan unit penyaman udara individu dibuat kepada unit kondenser guna sama. Teknologi ini juga membenarkan operasi berbeza (penyejukan dan pemanasan) berjalan dalam satu masa yang sama.

Sistem ini dapat menjimatkan penggunaan air di sesebuah premis apabila tiada penggunaan menara penyejuk digunakan dalam operasinya. Walaubagaimanapun, perekabentuk harus bijak menentukan sistem yang sesuai atas dasar tiada satu sistem yang sempurna untuk semua jenis keadaan. Antara kelebihan dan kekurangan sistem ini adalah seperti yang dijelaskan di bawah:

Kelebihan Sistem VRF

- Pemasangan yang mudah
- Kebolehan menentukan suhu yang lebih tepat berdasarkan keperluan satu - satu tempat
- Penjimatan ruang dalam meletakkan peralatan
- Sesuai untuk pejabat yang mempunyai kadar kependudukan yang tidak tetap
- Risiko kesihatan yang lebih rendah

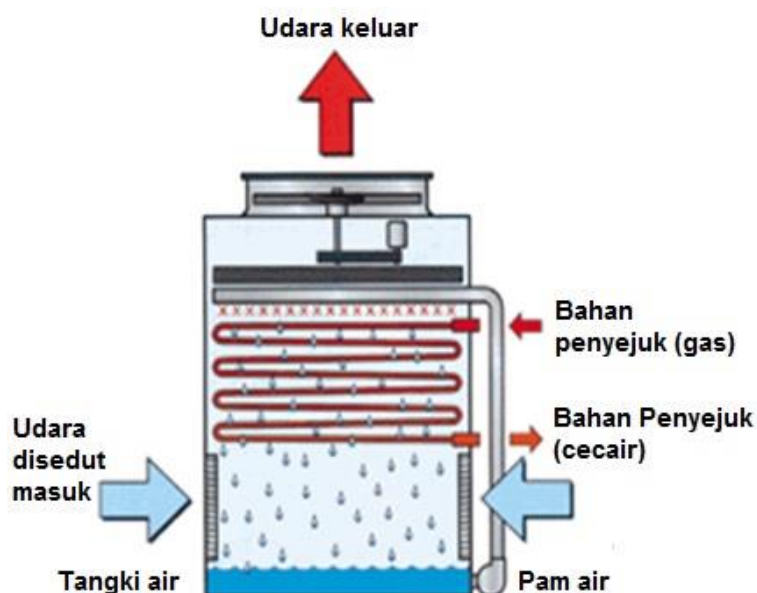
Kekurangan Sistem VRF

- Kos permulaan dan penyelenggaraan yang lebih tinggi
- Penggunaan bahan penyejuk dalam kuantiti yang besar (risiko kebocoran bahan penyejuk lebih besar - impak alam sekitar)

Inisiatif 9: Penggunaan sistem *evaporative air cooled chiller*

Sistem ini merupakan satu inovasi dalam teknologi penyaman udara di mana ianya berupaya untuk mengurangkan penggunaan air berbanding sistem konvensional bagi penyejukan air (*water cooled chiller*). Ini disebabkan oleh sistem perpaipannya yang sangat pendek (rujuk rajah 23 di bawah) berbanding sistem konvensional (daripada menara penyejuk hingga ke *chiller*). Sistem perpaipan yang pendek ini terhasil daripada penggabungan fungsi *chiller* dan menara penyejuk dalam sebuah unit. Walaupun sistem ini masih menggunakan air sebagai medium pemindahan haba, namun kuantitinya adalah sedikit berbanding sistem konvensional.

Berdasarkan kepada rajah 23 di bawah, dapat dilihat bahawa pemindahan haba di dalam sistem ini berlaku pada tiga (3) medium secara serentak di mana air di pam ke bahagian atas dan dititiskan menerusi *condenser coil*. Air ini berfungsi bagi menurunkan suhu pada bahan penyejuk (*evaporative condenser coil*). Di dalam masa yang sama udara daripada luar disedut masuk dan berfungsi bagi menyejukkan semula air sebelum ia masuk semula ke dalam tangki simpanan.



Tahukah anda?

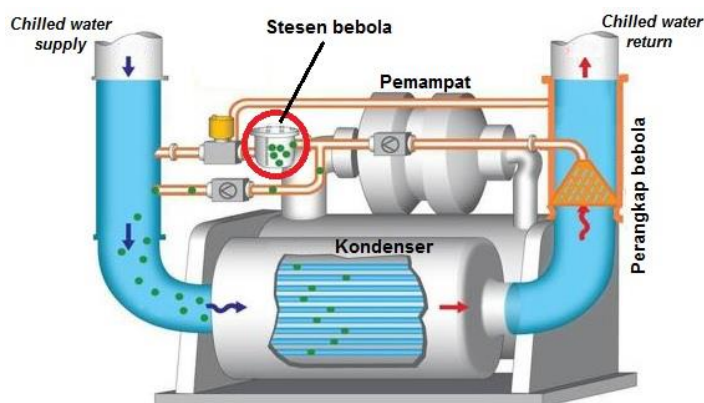
- *Evaporative condenser* mengurangkan jumlah air yang perlu di pam dan juga keperluan terhadap rawatan kimia - Bab 35 dalam *ASHRAE handbook: HVAC system & equipment*

Rajah 23: Prinsip operasi sebuah sistem yang menggunakan *evaporative condenser coil*

Inisiatif 10: Penggunaan sistem pembersihan tiub kondenser

Sistem pembersihan ini berfungsi dengan mengelakkan *fouling* daripada terbentuk pada permukaan tiub kondenser tersebut. Pembentukan *fouling* ini akan mengurangkan kecekapan operasi kondenser seterusnya meningkatkan tenaga (kos) yang akan digunakan bagi pengoperasian sesebuah *chiller*. Dengan adanya sistem ini, kadar pemindahan haba yang berlaku di dalam kondenser tersebut akan sentiasa berada pada tahap kecekapan yang paling tinggi.

Sistem ini juga dilihat berpotensi dalam mengurangkan penggunaan air apabila kerja penyenggaraan (mencuci tiub kondenser) tidak lagi perlu dijalankan. Selain daripada itu, kesan daripada kadar pemindahan haba yang tinggi tadi juga akan menyebabkan suhu air yang masuk ke dalam menara penyejuk adalah lebih rendah. Suhu yang rendah ini akan mengurangkan kadar kehilangan air akibat daripada proses penyejatan. Secara tidak langsung, sistem ini juga dapat membantu dalam mengurangkan kos terhadap rawatan air yang perlu dijalankan di mana hanya rawatan air bagi mengatasi masalah *scaling* sahaja yang diperlukan. Sistem pembersihan ini juga boleh dikatakan sebagai sistem rawatan air tanpa bahan kimia.



Rajah 24: Sistem pembersihan tiub kondenser



Rajah 25: Contoh bebola yang digunakan



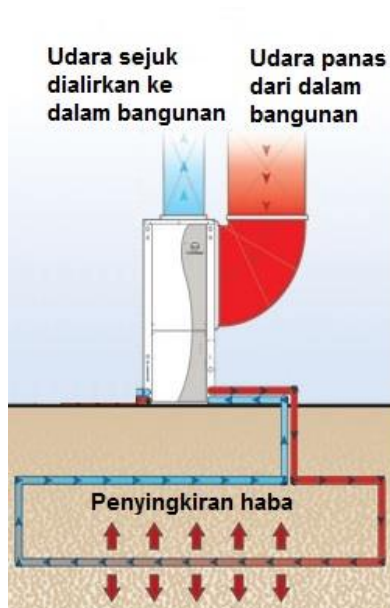
Rajah 26: Perbezaan permukaan tiub kondenser sebelum dibersihkan (kiri) dan selepas dibersihkan (kanan)

Inovasi : *Ground source geothermal system*

Kesemua sistem penyaman udara akan menjalankan proses penyingkiran haba bagi mendapatkan suhu yang sesuai dalam sesebuah ruang. Untuk menyingkirkan haba, perlu wujudnya kecerunan suhu. Sistem geoterma ini bertindak menyingkirkan haba dengan menggunakan suhu yang rendah dan stabil di dalam tanah di mana paip yang mengalirkan air dalam sistem ini akan ditanam di dalam tanah pada kedalaman yang bersesuaian. Proses pemindahan haba akan berlaku sepanjang paip tersebut berada di dalam tanah. Sistem paip tertutup (*closed loop*) yang digunakan akan mengurangkan kadar kehilangan air seperti yang digunakan pada menara penyejuk.

Walaupun bagaimanapun, kajian yang lebih lanjut mengenai suhu dalam tanah di negara ini perlu dijalankan terlebih dahulu bagi memastikan sistem ini dapat beroperasi dengan sempurna. Sistem ini juga mempunyai kos awalan yang jauh lebih mahal berbanding sistem konvensional (menggunakan menara penyejuk). Sistem ini memerlukan kepada kerja – kerja penggerudian tanah dijalankan yang mampu untuk meningkatkan kos pemasangan sebanyak lebih kurang 40% berbanding sistem penyejukan konvensional.

Namun begitu, suhu dalam tanah yang sentiasa rendah dan stabil berupaya untuk meningkatkan kecekapan sistem ini. Selain daripada kurangnya penggunaan air, kelebihan yang ada sekiranya sistem ini digunakan termasuk operasi yang lebih senyap, tiada risiko berlakunya *legionnaires disease* dan kos penyelenggaraan yang rendah.



Rajah 27: Konsep asas *ground source geothermal system*

SEKSYEN C: INISIATIF KECEKAPAN AIR BAGI SISTEM PENCEGAH KEBAKARAN

Seperti sedia maklum, air merupakan komponen yang paling utama dalam sesetengah sistem pencegah kebakaran. Tanpa air yang mencukupi, operasi bagi pemadaman kebakaran akan menemui kegagalan. Maka dengan itu, inisiatif yang digariskan di dalam seksyen ini tidak akan sama sekali mengabaikan isu keselamatan kebakaran dalam mencapai matlamat kecekapan air.

Di antara sistem pencegah kebakaran yang melibatkan penggunaan air termasuk sistem semburan automatik, sistem gelung hos, sistem pancur kering, sistem pancur basah, *pressurized hydrant* serta *high & low expansion foam system*.

Inisiatif 1: Kitar semula air semasa pengujian

Sejumlah air dengan kuantiti yang banyak biasa diperlukan bagi menjalankan pengujian ke atas sistem pencegah kebakaran. Dengan kaedah konvensional, air ini biasanya dibuang begitu sahaja atau dialirkan terus ke sistem perparitan berhampiran. Bagi mengelakkan pembaziran ini, rekabentuk sesetengah komponen dan sistem perpaipan perlu diubahsuai.

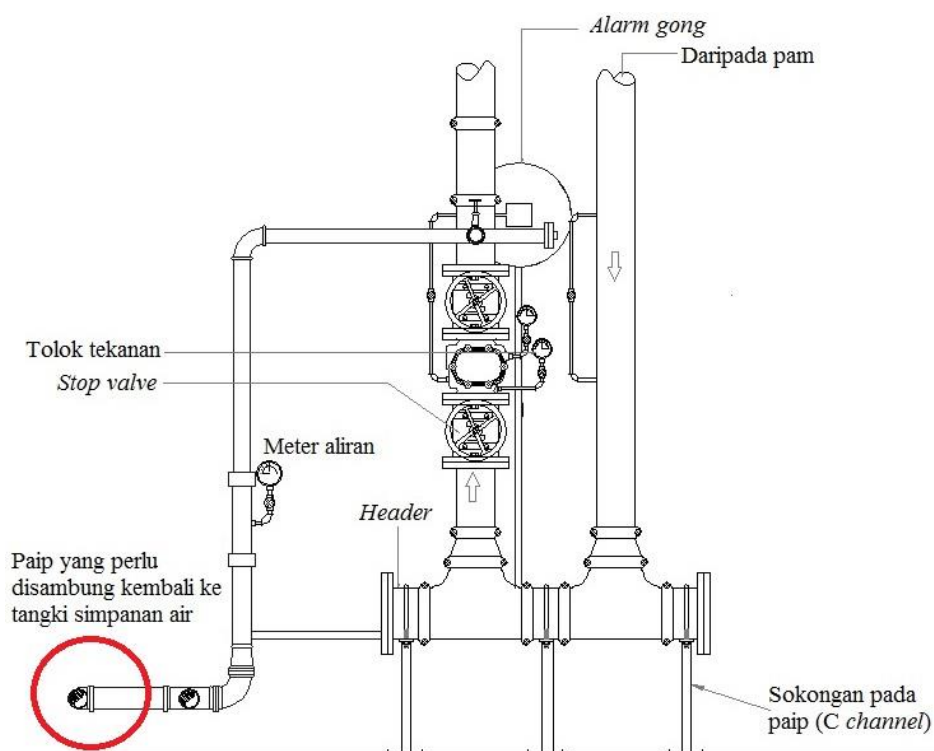
Bagi tujuan menjalankan pengujian prestasi pam ke atas kesemua sistem pencegah kebakaran, air tersebut boleh dialirkan semula ke dalam tangki dengan satu sistem perpaipan tambahan.

Kebiasaannya sistem pencegah kebakaran perlu melalui proses ujian berkala seperti yang telah ditetapkan oleh pihak JBPM bagi memastikan ianya sentiasa dalam keadaan yang baik dan sedia untuk beroperasi sekiranya berlaku kebakaran. Antara langkah yang boleh diambil dalam meningkatkan kecekapan air termasuk:

Langkah 1: Mengumpul semula air daripada ujian *alarm valve*

Bagi sistem semburan automatik, pengujian terhadap sistem ini dibuat dengan memastikan penggera diaktifkan bila mana *alarm test valve* dibuka bagi membenarkan aliran air melaluinya. Apabila injap ini dibuka, ia akan mensimulasikan keadaan sebenar semasa berlakunya kebakaran. Kebiasaannya, air yang melalui *alarm test valve* ini akan dialirkan terus ke sistem perparitan berhampiran.

Bagi mencapai matlamat mengoptimumkan penggunaan air, satu sistem perpaipan perlu disediakan bagi mengalirkan semula air ini ke dalam tangki simpanan.

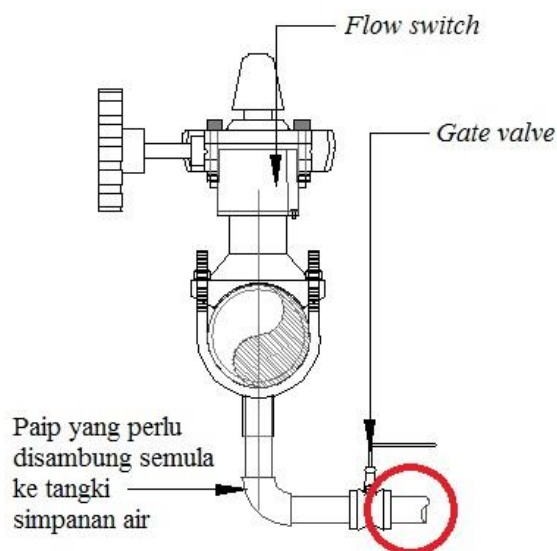


Rajah 28: Kedudukan paip (bertanda merah) yang perlu disambung kembali ke tangki simpanan air

Langkah 2: Mengumpul semula air daripada ujian *flow switch*

Flow switch yang dipasang pada sistem semburan automatik perlu diuji secara berkala (4 kali setahun). Untuk menjalankan ujian tersebut, sejumlah air perlu dialirkan melalui *flow switch* bagi mengaktifkannya. Semasa ujian ini dilakukan, injap pada paip yang bersambung dengan *flow switch* tersebut akan dibuka dan biasanya air tersebut akan dialirkan terus ke sistem perparitan berhampiran.

Sama seperti ujian *alarm valve* di atas, di mana satu sistem perpaipan yang boleh mengalirkan semula air tersebut ke dalam tangki simpanan perlu disediakan bagi memastikan air daripada ujian tersebut dapat digunakan semula. Tangki simpanan air yang dinyatakan di dalam kaedah ini merangkumi sebarang tangki simpanan air (kecuali tangki simpanan air domestik) yang berada berdekatan dengan *flow switch* tersebut.



Rajah 29: Kedudukan paip (bertanda merah) yang perlu disambung kembali ke tangki simpanan air

SEKSYEN D: INISIATIF KECEKAPAN AIR BAGI SISTEM BEKALAN AIR DAN SANITARI

Sistem bekalan air melibatkan penggunaan air pada kapasiti tertentu mengikut keperluan atau jenis bangunan. Sistem sanitari pula merupakan sistem perpaipan untuk menyalurkan air kumbahan daripada bekalan air yang telah digunakan. Bagi sistem bekalan air, potensi untuk penjimatan air adalah melalui rekabentuk yang optimum manakala, sistem sanitari pula, air yang telah digunakan boleh dikitar semula untuk pelbagai jenis tujuan.

Inisiatif 1: Kawalan tekanan

Tekanan air menjelaskan kekuatan aliran air di dalam sesebuah paip. Lebih banyak air yang ditolak masuk ke dalam paip, lebih tinggi tekanan yang terhasil di dalam paip tersebut. Pengurangan tekanan air pada kadar yang berpatutan di dalam paip boleh mengelakkan berlakunya aliran air yang terlalu besar pada pili, mengurangkan risiko kebocoran paip dan meningkatkan jangka hayat sistem.

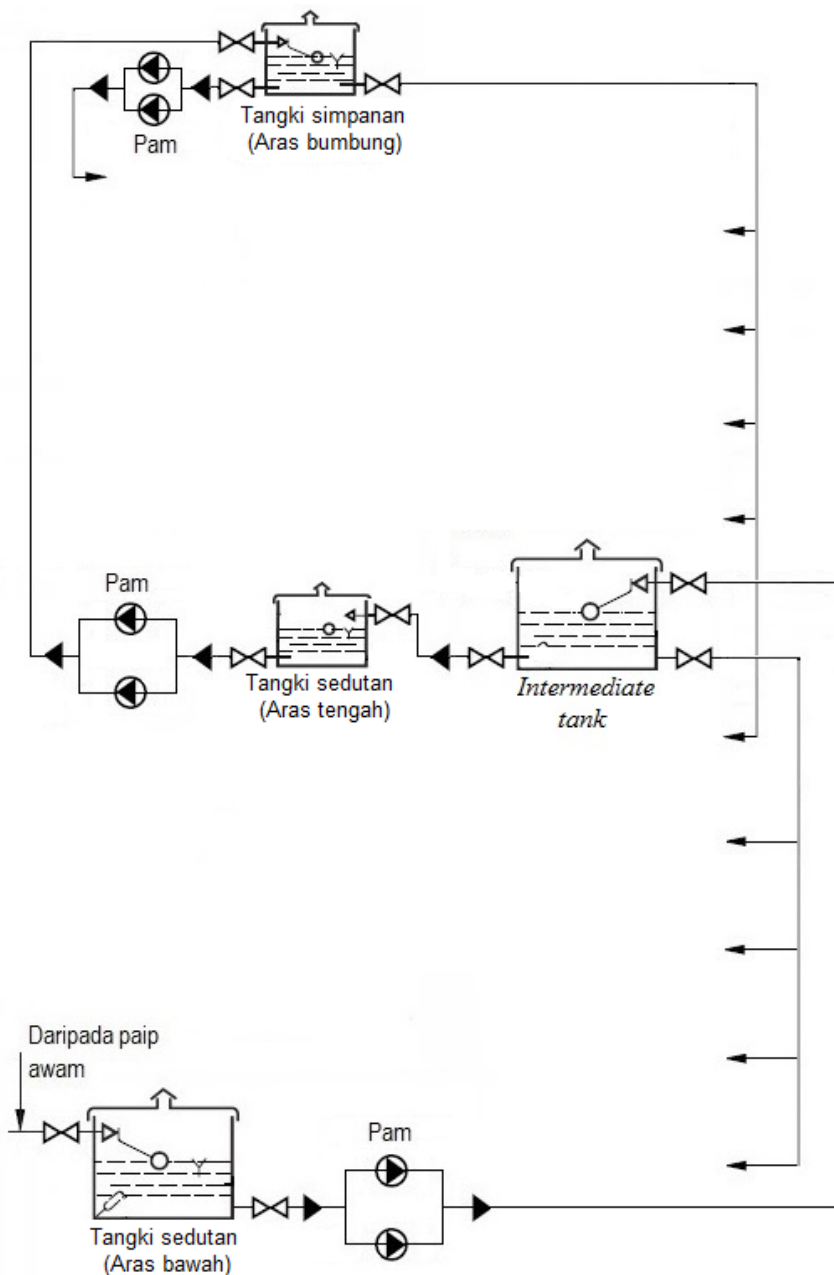
Bagi bangunan – bangunan tinggi, air biasanya dipam kepada tangki simpanan yang diletakkan di aras paling atas bangunan supaya ianya boleh beroperasi secara graviti. Sekiranya hanya satu (1) tangki ini sahaja yang digunakan bagi membekalkan air ke seluruh bangunan, tekanan bagi aras bangunan yang rendah akan menjadi sangat tinggi. Terdapat tiga (3) kaedah yang boleh diaplikasikan bagi merealisasikan tujuan mengawal tekanan air ini:

Kaedah 1: Penggunaan injap pelega tekanan

Injap pelega tekanan (*pressure reducing valve*) perlu dipasang pada setiap dua (2) atau tiga (3) tingkat bangunan bagi memastikan tidak berlakunya tekanan air yang terlalu tinggi di dalam paip yang berada di aras yang rendah. Jarak bagi pemasangan injap ini adalah bergantung kepada tekanan minimum yang diperlukan untuk setiap tingkat. Bagi memastikan injap ini dapat mengurangkan tekanan air dengan berkesan; pemilihan saiz injap, faktor pemasangan (kaedah dan kedudukan) serta penyenggaraan terhadap injap tersebut hendaklah sentiasa dititikberatkan. Sebaik-baiknya satu (1) petunjuk tekanan hendaklah disediakan untuk tujuan pemantauan bagi memastikan injap sentiasa berfungsi dengan mengurangkan tekanan pada kadar yang telah ditetapkan.

Kaedah 2: Penggunaan *intermediate tank*

Pengurangan tekanan juga boleh dicapai dengan mewujudkan zon bagi sistem perpaipan dengan penyediaan *intermediate tank*. Kaedah ini biasa digunakan ke atas bangunan – bangunan yang mempunyai ketinggian 35 tingkat dan ke atas. Tangki ini akan ditempatkan pada aras yang paling tengah mengikut ketinggian bangunan tersebut. Rajah 30 di bawah menunjukkan salah satu konfigurasi sistem perpaipan yang melibatkan pemasangan *intermediate tank*. Selain daripada itu, tangki tersebut juga berperanan dalam mengurangkan saiz motor (kW) dan pam penggalak yang diperlukan bagi memindahkan air ke tangki simpanan (aras bumbung).



Rajah 30: Sistem perpaipan dengan *intermediate tank*

Dengan mengandaikan bahawa setiap aras mempunyai kadar penggunaan air yang sama banyak, berikut merupakan penetapan kapasiti yang dicadangkan untuk setiap tangki:

(i) Jumlah isipadu air yang diperlukan pada keseluruhan bangunan = A liter

- Tangki sedutan (aras bawah) = $\frac{1}{3} \times A$ liter = B liter
- *Intermediate tank* = $[\frac{2}{3} \times A \text{ liter}] \div 2$ = C liter
- Tangki sedutan (aras tengah) = $\frac{1}{3} \times C$ liter
- Tangki simpanan (aras bumbung) = $\frac{2}{3} \times C$ liter

Pembahagian isipadu air ini juga akan membantu dalam mengurangkan beban terhadap struktur bangunan.

Kaedah 3: Penggunaan *flush valve* bertekanan rendah

Sekiranya peralatan (*fittings*) di dalam tandas (WC dan *urinals*) memerlukan simbahan tandas jenis *flush valve*, penggunaan *flush valve* bertekanan rendah (tanpa menggunakan pam) lebih digalakkan berbanding jenis bertekanan (menggunakan pam dan tangki hidro pneumatik). Walaubagaimanapun, perlu dipastikan bahawa tekanan yang keluar pada setiap *flush valve* adalah di antara 5 hingga 6 psi. Tanpa menggunakan pam, saiz paip yang lebih besar diperlukan bagi menghasilkan tekanan sedemikian terutamanya pada aras yang berdekatan dengan tangki air.

Inisiatif 2: Kitar semula air sisa (*grey water*)

Grey water merupakan air buangan yang terhasil daripada tempat berwudhu, perangkap lantai (kecuali tandas) dan tempat mandian yang mana boleh diguna semula untuk aktiviti – aktiviti lain seperti pengairan tanaman, simbahan tandas dan air menara penyejuk.

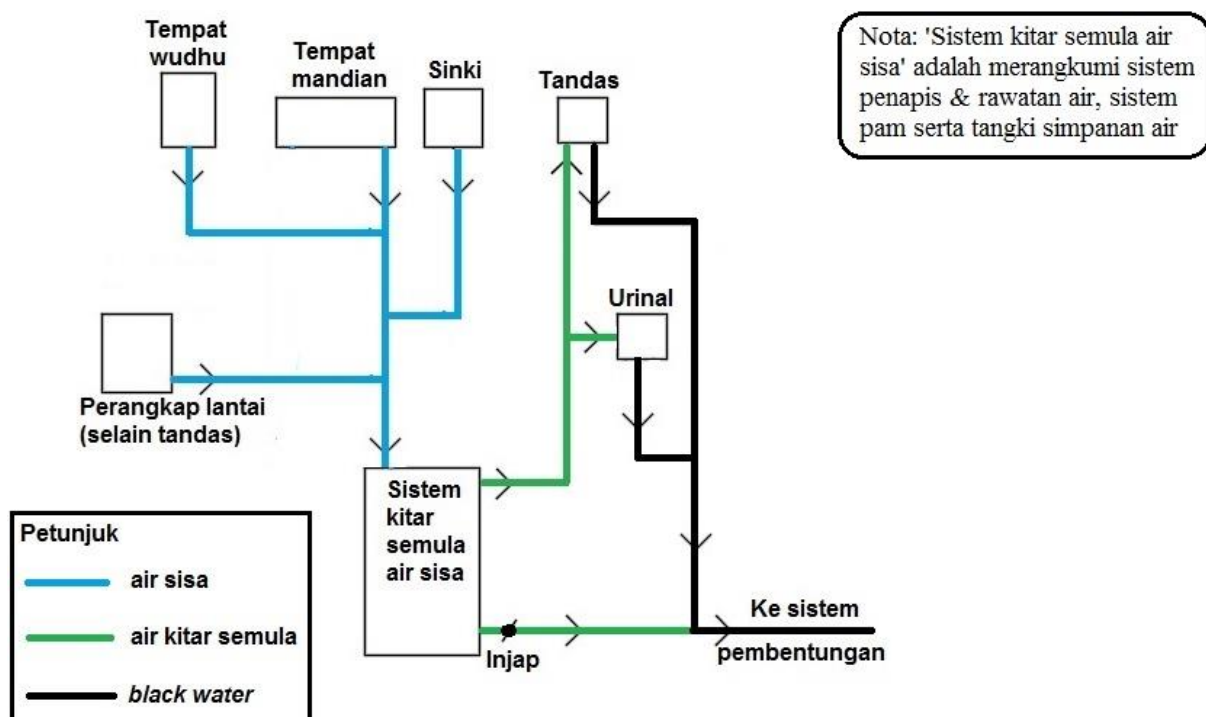
Grey water biasanya akan mengandungi kotoran seperti sisa makanan, bakteria, rambut dan sebagainya. Meskipun *grey water* ini kelihatan kotor, namun ianya masih selamat jika digunakan semula bagi pengairan tanaman dengan menjalani proses

tapisan yang minimum. Bagi tujuan selain daripada pengairan tanaman, ianya perlu ditapis dan dirawat mengikut kepada keperluan penggunaan semula air tersebut. Bagi peringkat permulaan, perkebentuk boleh mempertimbangkan untuk menggunakan semula air tersebut bagi tujuan simbahan tandas.

Bagi memastikan penggunaan *grey water* ini dapat dimaksimumkan, adalah penting untuk memasukkan sistem bagi mengumpul, merawat dan menyimpan *grey water* ini ke dalam peringkat awal rekabentuk.

Mengitar semula *grey water* ini boleh diibaratkan sebagai serampang dua mata apabila ianya tidak hanya mengurangkan jumlah penggunaan *potable water* tetapi dalam masa yang sama, ianya turut mengurangkan jumlah air sisa yang masuk ke dalam sistem pembentungan.

Bagi sesebuah premis yang menggunakan sistem penuaian air hujan, tangki air bagi kedua – dua sistem tersebut boleh dikongsi bersama. Walaubagaimanapun perlu dipastikan bahawa air yang masuk ke dalam tangki tersebut telah menjalani proses tapisan mengikut keperluan kedua – dua sistem berkenaan.



Rajah 31: Skematik asas bagi sistem kitar semula air sisa

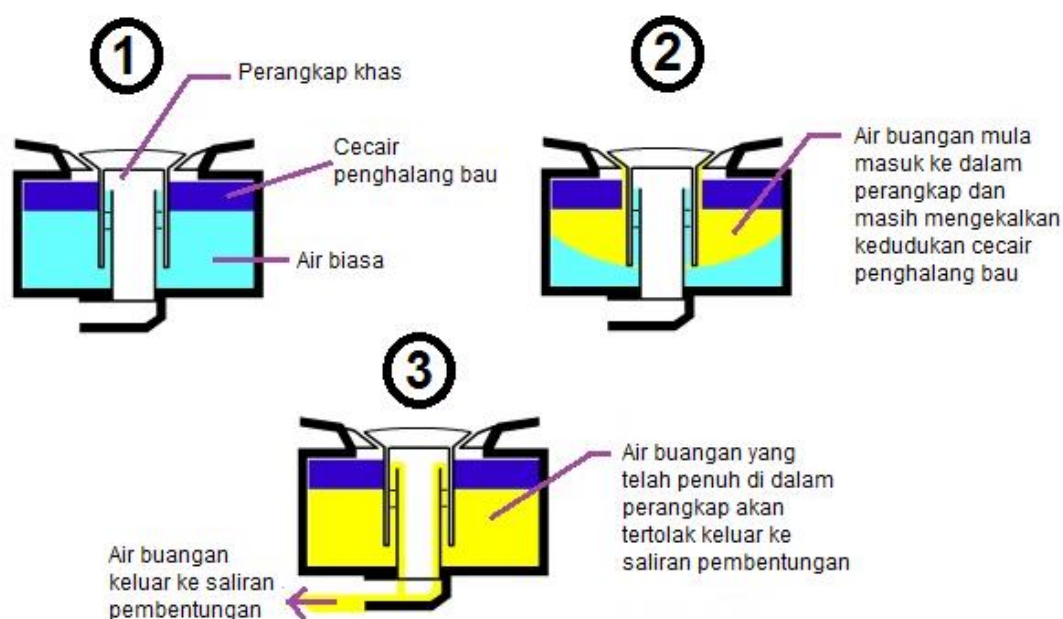
Walaupun bagaimanapun, sistem ini perlu dikhususkan untuk projek – projek tertentu sahaja (projek berprofil tinggi atau projek – projek khas yang menjadi ikon negara) disebabkan oleh terlalu banyak isu yang melibatkan kesihatan yang perlu diambil kira. Di antara beberapa aspek yang perlu ditekankan dalam mengaplikasikan sistem ini adalah air sisa yang dikumpul tersebut tidak boleh disimpan terlalu lama (tidak lebih daripada 24 jam) dan juga meminumkan penggunaan air sisa yang dikitar semula kepada manusia.

Secara asasnya, bagi sistem kitar semula air sisa ini, sistem yang mudah dan ringkas adalah lebih baik berbanding sistem yang kompleks.

Inisiatif 3: Peralatan (*fittings*) cekap air

Kaedah 1: Penggunaan *waterless urinal*

Penggunaan *urinal* tanpa air ini menggunakan konsep yang mudah dengan beroperasi menggunakan tarikan graviti sahaja. Satu perangkap khas akan dimasukkan ke dalam saluran *urinal* ke pembentung. Perangkap tersebut diisi dengan air terlebih dahulu dan kemudiannya dengan cecair yang menghalang bau (*liquid odor barrier*). Cecair ini akan sentiasa berada di dalam perangkap tersebut kerana ketumpatannya yang rendah berbanding air dan air buangan daripada badan manusia. Rajah 32 menunjukkan bagaimana *urinal* jenis ini berfungsi.



Rajah 32: *Urinal* tanpa siraman air

Kaedah 2: Penggunaan peralatan (*fittings*) cekap air



Rajah 33: Label cekap air yang dikeluarkan oleh SPAN

Pemilihan peralatan (*fittings*) adalah digalakkan untuk dibuat berdasarkan kepada penggunaan air yang paling minimum.

Mengikut garis panduan skim pelabelan produk cekap tenaga yang dikeluarkan oleh Suruhanjaya Perkhidmatan Air Negara, terdapat 3 kategori dalam sistem pelabelan tersebut yang terbahagi kepada 'cekap', 'sangat cekap' dan 'paling cekap'. Pemilihan peralatan boleh dibuat berdasarkan kepada label tersebut.

Sekiranya peralatan yang dipilih tidak menggunakan label produk cekap tenaga, perekabentuk boleh merujuk kepada jadual di bawah bagi pemilihan peralatan:

Peralatan (<i>Fittings</i>)	Kadar alir nominal (liter/min)	Kategori
Basin tap & mixer	6.0 – 8.0	Cekap
	4.0 – 6.0	Sangat cekap
	1.5 – 4.0	Paling cekap
Sink tap & mixer	6.0 – 8.0	Cekap
	4.0 – 6.0	Sangat cekap
	2.5 – 4.0	Paling cekap
Shower tap & mixer	8.0 – 10.0	Cekap
	6.0 – 8.0	Sangat cekap
	4.5 – 6.0	Paling cekap
Ablution tap & mixer	6.0 – 8.0	Cekap
	4.0 – 6.0	Sangat cekap
	1.5 – 4.0	Paling cekap

Jadual A: Panduan kecekapan air berdasarkan kadar alir bagi tap (Sumber: *Guidelines for Voluntary Water Efficient Products Labelling Scheme*)

Peralatan (<i>Fittings</i>)	Penggunaan air bagi setiap siraman (liter/flush)	Kecekapan
<i>Water closet</i>	<i>Full flush</i> : ≤ 6.0 <i>Partial flush</i> : ≤ 3.5	Cekap
	<i>Full flush</i> : ≤ 5.0 <i>Partial flush</i> : ≤ 3.0	Sangat cekap
	<i>Full flush</i> : ≤ 4.0 <i>Partial flush</i> : ≤ 2.5	Paling cekap
<i>Urinal</i>	1.5 – 2.5	Cekap
	1.0 – 1.5	Sangat cekap
	≤ 1.0	Paling cekap

Jadual B: Panduan kecekapan air berdasarkan kadar alir bagi water closet dan urinal (Sumber: *Guidelines for Voluntary Water Efficient Products Labelling Scheme*)

Bagi meningkatkan lagi kadar kecekapan air bagi setiap peralatan yang dipilih, peralatan tersebut boleh dilengkapi dengan alat atau sistem yang boleh membantu dalam proses penjimatan air seperti dalam jadual di bawah:

Peralatan (<i>Fittings</i>)	Alat / sistem tambahan	Catatan
<i>Basin tap, sink tap dan ablution tap</i>	<i>Self closing tap</i>	Perlu dilaraskan untuk beroperasi pada sela masa yang sesuai. Terlalu cepat akan menyebabkan kesukaran pada pengguna dan terlalu lambat boleh menyebabkan pembaziran air
	<i>Aerator</i>	Berfungsi dalam mengurangkan kadar alir dan menambah udara ke dalam aliran air
	<i>Flow restrictor</i>	
	<i>Sensor</i>	Perlu mempunyai tindak balas yang cepat dan tepat supaya matlamat memberi keselesaan kepada pengguna dan menjimatkan penggunaan air tercapai.
<i>Shower tap</i>	<i>Automatic shut off</i>	Menghentikan aliran air secara <i>automatic</i> apabila ia mengesan penggunaan air telah mencapai satu jumlah yang telah ditetapkan. Pengguna perlu mengaktifkan semula bagi meneruskan penggunaan <i>shower</i> .

<i>Urinal</i>	<i>Infra red sensor</i>	Siraman akan dilakukan sebaik sahaja <i>sensor</i> mengesan pengguna meninggalkan zon pengesanan. <i>Sensor</i> perlu dipasang dengan <i>manual shut-off valve</i> bagi mengelakkan berlakunya pembaziran air sekiranya sensor tersebut rosak.
<i>Water closet (WC)</i>	<i>Dual flush</i>	Boleh dilengkapi dengan sensor elektronik yang akan memilih mod siraman (<i>full flush</i> atau <i>partial flush</i>) yang bersesuaian bergantung kepada tempoh masa penggunaan WC tersebut.

Jadual C: Alat / sistem tambahan kepada peralatan (*fittings*) bagi penjimatan air

Inovasi : Sistem WC vakum

WC jenis ini menggunakan sedutan udara yang menghasilkan kesan vakum bagi meminimumkan penggunaan air dalam proses simbahan bahan buangan. Penggunaan WC jenis ini mampu menjimatkan hampir 80% jumlah air berbanding penggunaan WC konvensional.

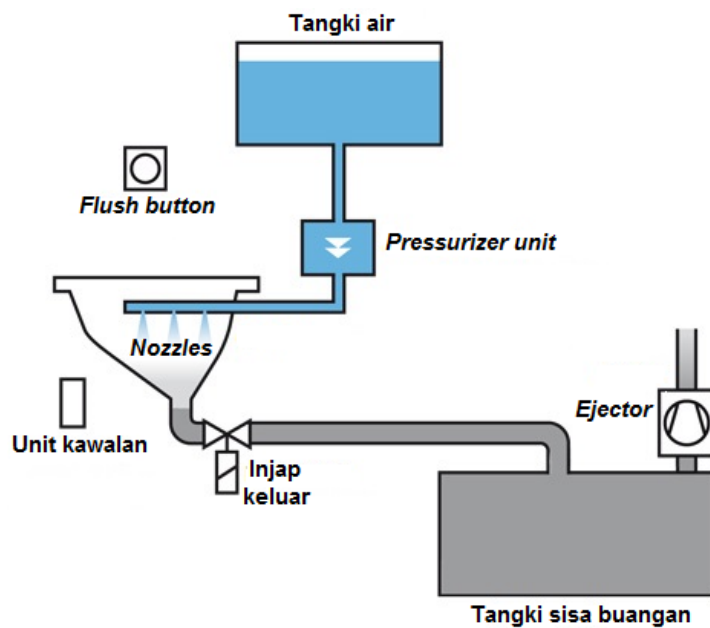
Sistem ini beroperasi dengan bantuan pam yang menghasilkan keadaan vakum dalam proses sedutan bahan buangan di mana aliran udara dalam paip meningkat kepada sehingga 6 m/s. Kebaikan lain yang diperolehi daripada sistem ini termasuk memastikan keadaan dalam paip yang lebih bersih, saiz paip yang digunakan adalah lebih kecil, bahan paip yang lebih ringan seperti PE atau PVC serta tidak memerlukan *manhole*.

Tahukah anda?

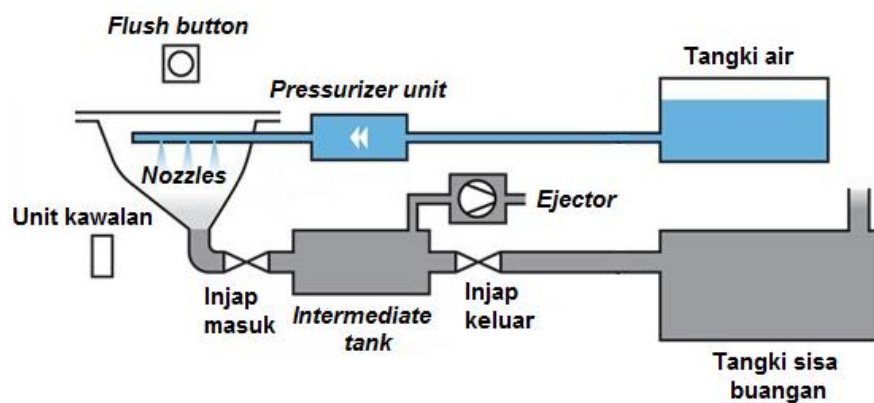
- WC yang menggunakan sistem vakum ini hanya menggunakan kurang daripada setengah liter (< 0.5 L) air untuk setiap simbahan

Secara umumnya terdapat dua (2) jenis konfigurasi bagi sistem jenis ini iaitu *constant vacuum system* (CVS) dan *vacuum on demand* (VOD) di mana ianya bergantung kepada bilangan dan keperluan sistem sanitari pada sesebuah premis. Bagi pemasangan di premis – premis seperti pejabat, sekolah, hospital dan sebagainya, CVS lebih sesuai yang mana sistem ini boleh disambung kepada bilangan tandas yang lebih banyak. Manakala sistem VOD lebih sesuai digunakan di premis – premis persendirian bagi sambungan kepada tandas yang tidak melebihi empat (4) unit. Perbezaan antara kedua – dua sistem ini ialah perpaipan dalam CVS

sentiasa berada di dalam keadaan vakum berbanding sistem VOD yang mana ianya menghasilkan vakum pada masa tandas tersebut telah digunakan.



Rajah 34: Skematik bagi sistem CVS



Rajah 35: Skematik bagi sistem VOD

Antara kelebihan pada CVS adalah bilamana keadaan paipnya yang sentiasa dalam keadaan vakum (tekanan negatif), akan mengurangkan risiko berlakunya tumpahan sisa kumbahan meskipun terdapat kebocoran pada sistem paip. Manakala sistem VOD pula hanya memerlukan keperluan tenaga elektrik yang rendah yang memungkinkan penggunaan tenaga solar diaplikasikan pada sistem VOD tersebut.

SENARAI SEMAK KECEKAPAN AIR

Seksyen A: Umum

Bil	Perkara	Sistem Penyaman Udara	Sistem Pencegah Kebakaran	Sistem Bekalan Air & Sanitari
1	Tangki simpanan air dengan dua (2) bahagian berasingan			
2	Penggunaan <i>sub meter</i>			
3	<i>Overflow sensor</i> pada paip limpah			
4	Jenis <i>level switch</i> yang digunakan	<i>Float type</i> ☐ <i>Electrode</i> ☐ <i>Displacement</i> ☐ Lain – lain (nyatakan) ☐ _____	<i>Float type</i> ☐ <i>Electrode</i> ☐ <i>Displacement</i> ☐ Lain – lain (nyatakan) ☐ _____	<i>Float type</i> ☐ <i>Electrode</i> ☐ <i>Displacement</i> ☐ Lain – lain (nyatakan) ☐ _____
5	Sekiranya <i>level switch</i> jenis <i>float</i> digunakan, nyatakan jenis bahannya	PP ☐ Keluli tahan karat ☐ Tembaga ☐ NBR ☐ PTFE ☐ ABS Resin ☐ Lain – lain (nyatakan) ☐ _____	PP ☐ Keluli tahan karat ☐ Tembaga ☐ NBR ☐ PTFE ☐ ABS Resin ☐ Lain – lain (nyatakan) ☐ _____	PP ☐ Keluli tahan karat ☐ Tembaga ☐ NBR ☐ PTFE ☐ ABS Resin ☐ Lain – lain (nyatakan) ☐ _____
6	Penggunaan sistem penuaian air hujan			

Seksyen B: Sistem Penyaman Udara

Bil	Perkara	Semakan
1	Sistem penyaman udara direkabentuk dengan penggunaan menara penyejuk (Jika tidak, terus ke perkara 12)	Ya ☐ Tidak ☐
2	Jenis menara penyejuk yang digunakan	Mechanical Draft ☐ Natural Draft ☐
3	Jenis rekabentuk menara penyejuk	Round type ☐ Square type ☐
4	Paip kondenser (ke menara penyejuk) berada pada paras minimum	Ya ☐ Tidak ☐
5	Lebih daripada satu (1) menara penyejuk yang berhubung (jika ya, sila pastikan saiz menara dan ketinggian basin adalah sama dan pelarasan <i>float valve</i> dibuat dengan betul)	Ya ☐ Tidak ☐
6	Menara penyejuk dilengkapi dengan <i>anti splash louvers</i>	Ya ☐ Tidak ☐
7	Menara penyejuk dilengkapi dengan <i>drift eliminator</i>	Ya ☐ Tidak ☐
8	Pengawal konduktiviti digunakan bagi mengawal <i>bleed / blowdown water</i>	Ya ☐ Tidak ☐
9	Menara penyejuk dilengkapi dengan sistem <i>side stream filtration</i>	Ya ☐ Tidak ☐
10	Sistem rawatan air yang digunakan	Chemical ☐ Non-chemical ☐
11	Terdapat sumber air alternatif digunakan (Air laut / sungai / tasik, air bawah tanah, <i>condensate water</i> , <i>grey water</i> , air hujan)	Ya ☐ Tidak ☐
12	Sistem penyaman udara yang digunakan (Jika lain – lain sistem, nyatakan: _____)	Air cooled ☐ VRF ☐
13	Penggunaan sistem pembersih tiub kondenser	Ada ☐ Tiada ☐
14	Penggunaan sistem <i>evaporative air cooled chiller</i>	Ada ☐ Tiada ☐
15	Inovasi: Penggunaan sistem <i>ground source geothermal</i>	Ada ☐ Tiada ☐

Seksyen C: Sistem Pencegah Kebakaran

Bil	Perkara	Semakan
1	Sistem pencegah kebakaran dilengkapi dengan paip kitar semula air pengujian. (Satu sistem perpaipan tambahan selepas pam bagi mengalirkan semula air ke dalam tangki)	Semburan automatik ☐ Gelung hos ☐ <i>Pressurized hydrant</i> ☐ Pancur basah ☐ <i>Foam</i> ☐
2	Paip daripada <i>Alarm test valve</i> disambungkan ke tangki simpanan air	Ya ☐ Tidak ☐
3	Paip daripada <i>Flow switch</i> disambungkan ke tangki simpanan air berhampiran (kecuali tangki air domestik)	Ya ☐ Tidak ☐

Seksyen D: Sistem Bekalan Air & Sanitari

Bil	Perkara	Semakan
1	Nyatakan bilangan aras bangunan	_____ tingkat
2	Rekabentuk sistem perpaipan dilengkapi dengan injap pelega tekanan (PRV)	Ya ☐ Tidak ☐
3	Rekabentuk sistem perpaipan dilengkapi dengan <i>intermediate tank</i>	Ya ☐ Tidak ☐
4	Terdapat penggunaan sistem <i>flush valve</i> (Jika tidak, terus ke perkara 6)	Ada ☐ Tiada ☐
5	Jenis <i>flush valve</i> yang digunakan	Bertekanan ☐ Tekanan rendah ☐
6	Terdapat sistem kitar semula air sisa	Ada ☐ Tiada ☐
7	Terdapat penggunaan <i>waterless urinal</i>	Ada ☐ Tiada ☐
8	Penggunaan peralatan (fittings) yang mempunyai label cekap air daripada SPAN	Basin tap ☐ Sink tap ☐ Shower tap ☐ Ablution tap ☐ Water closet ☐ Urinal ☐
9	Penggunaan <i>tap</i> yang dilengkapi dengan alat / sistem tambahan bagi penjimatan air (<i>self closing tap, aerator, flow restrictor, sensor</i>)	Ya ☐ Tidak ☐
10	Penggunaan <i>shower</i> yang dilengkapi dengan <i>automatic shut off</i>	Ya ☐ Tidak ☐
11	Penggunaan <i>urinal</i> yang dilengkapi dengan <i>infra red sensor</i>	Ya ☐ Tidak ☐
12	Penggunaan <i>water closet</i> yang dilengkapi dengan <i>dual flush</i>	Ya ☐ Tidak ☐
13	Inovasi: Penggunaan sistem WC vakum	Ada ☐ Tiada ☐

RUJUKAN

1. SPAN (2013) "**Guidelines for voluntary water efficient products labeling scheme**", Suruhanjaya Perkhidmatan Air Negara
2. KTAK (2008) "**Teks ucapan majlis perasmian kempen kesedaran penjimatan air kebangsaan**", Kementerian Tenaga Air dan Komunikasi
3. Department of the Environment & Heritage (2006) "**Water Efficiency Guide: Office & Public Buildings**", Australian Government
4. Department of Environment and Natural Resources (2009) "**Water Efficiency Manual for Commercial, Industrial & Institutional facilities**", State of North Carolina
5. AFED (2009) "**Water Efficiency Handbook**", Arab Forum for Environment & Development
6. BSR/ASHRAE/USGBC/ASPE/AWWA Standard 191P (2012) "**Standard for the Efficient Use of Water in Building, Site and Mechanical System**", ASHRAE
7. Schultz Communications (1999) "**Water Conservation Guide for Commercial, Institutional and Industrial Users**", New Mexico Office of State Engineer
8. Sydney Water (2007) "**Best Practise Guidelines for Water Conservation in Commercial Office Buildings and Shopping Centres**", Sydney Water Corporation
9. Austin Water (2006) "**Water Efficient Equipment and Design: A Guide for Non Residential Construction and Development**", Austin Water Utility Conservation Division
10. V.J Aherne (2009) "**Water Conservation in Cooling Tower**", The Australian Institute of Refrigeration, Air Conditioning and Heating (AIRAH)
11. V.J Aherne (2011) "**Non-Residential Evaporative Air Cooling System – Water Efficiency & Conservation**", The Australian Institute of Refrigeration, Air Conditioning and Heating (AIRAH)
12. Pacific Northwest National Laboratory (2012) "**Side Stream Filtration for Cooling Tower**", U.S Department of Energy
13. Yale Wong "**Resource Efficient Sanitary Systems for the Future & Its Suitability in Malaysia**"
14. Integrated Fire Services Pty Ltd (2008) "**Guide to Fire Sprinkler System Water Saving**" Plumbing Industry Commission
15. Kajale, A. & M, Winslett (2013) "**Case Study on Condensate Recovery and Its Reuse at the University of Alabama at Birmingham**" Alabama Water Resource Conference 2013
16. Environment Agency (2008) "**Greywater: an information guide**" Environment Agency, United Kingdom
17. C.K Chang, Song Kok Fui, Ng wen Bin & Muhamad Hafiz Azizan (2013) "**Comparison of Air Cooled Chiller, Water Cooled Chiller & Hybrid Evaporative Air Cooled Chiller in Malaysia – A Review**" International Journal of Arts & Sciences
18. <http://science.howstuffworks.com/environmental/green-tech/sustainable/waterless-toilet4.htm>
19. <http://www.thesureseal.com/>
20. Portal Rasmi Jabatan Metereologi Malaysia (<http://www.met.gov.my/>)
21. <http://science.howstuffworks.com/transport/flight/modern/question314.htm>
22. <http://www.marioff.com/>
23. <http://tenpercent.com.sg/>
24. http://www.allianceforwaterefficiency.org/blow_down_water_introduction.aspx

25. <http://www.hbt.com.sg/>
26. <http://www.brighthubengineering.com/hvac/100882-hvacr-cooling-towers-and-their-types/>
27. <http://www.evac-train.com/Vacuumtoiletsystems.php>



CAWANGAN KEJURUTERAAN MEKANIKAL

IBU PEJABAT JKR MALAYSIA
TINGKAT 24 – 28, BLOK G
NO.6, JALAN SULTAN SALAHUDDIN
50480 KUALA LUMPUR
www.jkr.gov.my/cawmekanikal



03-26108888

03-26189510

