

GARIS PANDUAN PENYEDIAAN REKABENTUK AHU CONDENSATE WATER HARVESTING



KATA-KATA ALUAN

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh dan Salam Sejahtera

Syukur ke hadrat Ilahi kerana dengan izin-Nya Buku Garis Panduan Penyediaan Rekabentuk *AHU Condensate Water Harvesting* telah berjaya disiapkan. Sekalung penghargaan dan syabas diucapkan kepada semua barisan pasukan rekabentuk dan projek yang telah berusaha untuk menyiapkan penerbitan ini.

Fenomena cuaca yang tidak menentu dan masalah krisis air yang kerap melanda negara ini merupakan salah satu perkara yang kerap menjadi agenda utama di kalangan masyarakat negara ini mahupun diperingkat global. Setiap peringkat termasuk pihak Kerajaan sentiasa berusaha membangunkan Dasar, Peraturan serta kempen kesedaran berkaitan kepentingan menjaga sumber utama air negara. Inisiatif ini juga dijadikan sebagai salah satu komitmen penting negara berkaitan penerapan elemen kelestarian dalam memelihara sumber air.

Justeru, JKR Cawangan Kejuruteraan Mekanikal Ibu Pejabat JKR Malaysia telah menghasilkan inovasi dengan inisiatif menggunakan semula sisa air yang terhasil daripada proses penyejukan dan dehumidikasi di dalam komponen Unit Kendalian Udara (*Air Handling Unit* (AHU)) Sistem Penyaman Udara sebagai sumber alternatif untuk kegunaan khusus seperti siraman tanaman, basuhan dan keperluan am (bukan untuk diminum).

Garis panduan ini menyediakan kriteria rekabentuk yang perlu diambilkira dalam proses pelaksanaan rekabentuk *AHU Condensate Water Harvesting* disediakan bermula daripada peringkat perancangan sehingga peringkat pembinaan.

Semoga dengan penerbitan Garis Panduan ini, ianya akan menjadi pencetus semangat kepada para Jurutera Mekanikal JKR dan lain-lain disiplin di JKR Malaysia untuk mencipta inovasi-inovasi yang melibatkan elemen kelestarian dalam projek-projek JKR.

Akhir kata, semoga JKR Cawangan Kejuruteraan Mekanikal dapat memanfaatkan dokumen ini sebagai rujukan dan panduan ke arah mencapai kecemerlangan dalam perkhidmatan dan kejayaan dalam pembangunan lestari JKR.

**PENGARAH KANAN
CAWANGAN KEJURUTERAAN MEKANIKAL
IBU PEJABAT JKR MALAYSIA
KUALA LUMPUR**

KANDUNGAN

SENARAI RAJAH.....	i
SENARAI JADUAL.....	i
SINGKATAN	ii
1. PENGENALAN	1
2. OBJEKTIF	1
3. SKOP	2
4. PEMAKAIAN GARIS PANDUAN	2
5. PEMATUHAN KEPADA PERUNDANGAN	2
6. PERUNTUKAN DASAR, PERUNDANGAN DAN PIAWAIAN	2
7. METODOLOGI.....	3
8. SISTEM ACWH.....	4
9. KRITERIA PELAKSANAAN.....	5
10. PENGUKURAN AIR TERSISA/CONDENSATE	6
11. PANDUAN PELAKSANAAN PERANCANGAN, REKABENTUK DAN PEMASANGAN SISTEM ACWH.....	8
12. KAJIAN KES DAN PERINCIAN REKABENTUK.....	16
13. POTENSI ACWH	20
14. PENUTUP	22
RUJUKAN	23
LAMPIRAN.....	24
PENGHARGAAN	33

SENARAI RAJAH

Rajah 1 : Gambarajah Kedudukan Collection Area	4
Rajah 2 : Saluran paip dan tangki ACWH.....	5
Rajah 3 : Lokasi Pengukuran (1 -2).....	6
Rajah 4: Psychometric Chart.....	7
Rajah 5: Paip Disalurkan ke Tangki Dengan Balutan Penebat	9
Rajah 6 :By-pass Pipe daripada Unit AHU ke Tangki	10
Rajah 7 :Skematik Untuk Aliran Kedudukan Meter Secara Graviti.....	11
Rajah 8 :Skematik Untuk Aliran Kedudukan Meter Menggunakan Pam	11
Rajah 9 :Contoh Meter Alir Air Untuk Mengukur Kuantiti Air.....	12
Rajah 10 : Y-Strainer Dipasang Sebelum Meter Alir Air (Kedudukan Menegak).....	12
Rajah 11: Contoh Label “Air Tidak Boleh Diminum’.....	14
Rajah 12:Kaedah Pemasangan Sistem ACWH Di Jabatan Kimia Melaka	16
Rajah 13 :Graf Pengukuran Kadar Alir Air Dengan Perbezaan Kelembapan Relatif.....	18
Rajah 14 :Graf Pengukuran Kadar Alir Air Dengan Perbezaan Kadar Alir Udara	18
Rajah 15: Contoh Air Daripada AHU digunakan Untuk Pre Cooled dan Minuman.....	20
Rajah 16:Contoh Air Daripada Digunakan Untuk Cooling Tower Make-Up Water Tank dan Pre Cooled.....	21
Rajah 17:Contoh Gabungan AHU Condensate Water Harvesting dan Rain Water Harvesting	21

SENARAI JADUAL

Jadual 1 : Jadual Pemilihan Meter	10
Jadual 2 : Pemilihan Saiz Tangki Untuk Rekabentuk Sistem Penyaman Udara	13
Jadual 3 : Pemilihan Saiz Tangki Untuk Rekabentuk Sistem Penyaman Udara	13
Jadual 4: Kajian Berkaitan Kualiti Air daripada Pelbagai Sumber.....	15

SINGKATAN

AHU	- <i>Air Handling Unit</i>
ASHRAE	- <i>American Society of Heating, refrigerating & Air Conditioning Engineers</i>
ACWH	- <i>AHU Condensate Water Harvesting</i>
DPN	- Dasar Perbandaran Negara
Gal	- <i>Gallon</i>
GBI	- <i>Green Building Index</i>
gpm	- <i>gallons per minute</i>
MESTECC	- Kementerian Tenaga, Sains, Teknologi, Alam Sekitar & Perubahan Iklim
MS	- Malaysian Standard
RH	- <i>Relative Humidity</i>
RT	- Refrigerant Tonnage
SPAN	- Suruhanjaya Perkhidmatan Air Negara

1. PENGENALAN

Sistem *AHU Condensate Water Harvesting* (ACWH) adalah salah kaedah pengurusan air alternatif yang dapat membantu menampung keperluan penggunaan bekalan air dan dapat mengurangkan kos penggunaan jumlah air terawat. Proses penyejatan dalam sistem penyaman udara berpotensi menjana air yang boleh memberikan manfaat kepada aktiviti harian Jabatan dan berkemampuan memberikan pulangan kepada pihak Jabatan.

Air merupakan komponen yang penting di dalam bangunan khususnya untuk pengoperasian sistem di dalam bangunan seperti sistem penyaman udara, sistem pencegah kebakaran dan sistem bekalan air serta sanitari.

Walaupun Malaysia adalah sebuah negara yang banyak menerima taburan hujan, ianya tidak terkecuali dengan krisis bekalan air yang sering melanda Malaysia. Pada tahun 1990-an sehingga kini krisis air telah banyak berlaku sehingga menyebabkan kerugian besar dalam industri serta meningkatkan kos tanggungan kerajaan. Krisis ini sukar diramal disebabkan faktor perubahan iklim yang tidak menentu, pertambahan dan kepadatan penduduk. Ini menyebabkan permintaan penggunaan air adalah tinggi disebabkan perubahan gaya hidup manusia. Bagi mengurangkan implikasi tersebut, manfaat daripada rekabentuk sistem *AHU Condensate Water Harvesting* dapat membantu mengurangkan krisis kekurangan air.

Kaedah ini boleh diperluaskan kegunaan bagi penggunaan *cooling tower*, *cistern* bekalan air, *pre cooled* dan lain - lain.

Dokumen garis panduan ini digunakan untuk membantu proses rekabentuk sistem *AHU Condensate Water Harvesting* sebagai salah satu inisiatif hijau serta menyahut saranan Kerajaan Malaysia ke arah pembangunan lestari.

2. OBJEKTIF

Objektif garis panduan ini adalah untuk memberikan maklumat dan panduan kepada perekabentuk untuk menyediakan sistem penyaman udara di dalam bangunan yang mampu menjana air untuk aktiviti dan kegunaan seharian Jabatan.

3. SKOP

Dokumen ini menyediakan panduan rekabentuk sistem *AHU Condensate Water Harvesting* untuk digunapakai bagi semua bangunan kerajaan baharu dan sedia ada (yang terlibat dengan kerja-kerja *retrofitting*).

4. PEMAKAIAN GARIS PANDUAN

Dokumen ini untuk digunakan di peringkat 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, MESTECC, dan Suruhanjaya Perkhidmatan Air Negara (SPAN).

5. PEMATUHAN KEPADA PERUNDANGAN

Garis panduan ini perlu dirujuk bersama dan mematuhi akta, peraturan, piawaian dan surat arahan/pekeliling terkini yang berkuatkuasa serta terpakai untuk sistem penyaman udara dan sistem bekalan air.

6. PERUNTUKAN DASAR, PERUNDANGAN DAN PIAWAIAN

6.1 Dasar Perbandaran Negara

Dasar berkaitan adalah DPN-18 iaitu “Mempertingkatkan kecekapan pengurusan air (*efficient water management*) dengan penekanan kepada permintaan, penggunaan sumber alternatif dan bukan konvensional (penuaian air hujan, kitar semula air) serta mengurangkan pembaziran”.

6.2 Dasar Sumber Air Negara

Dasar berkaitan Sumber “kelestrian sumber air” berkaitan penerokaan penggunaan sumber-sumber alternatif dan melihat aspek-aspek berkaitan pengurusan permintaan.

6.3 Penarafan Hijau

Penarafan Hijau MyCREST/pH JKR Pematuhan kepada elemen hijau dalam pengiraan “Score Card/Point” untuk penarafan hijau terpakai untuk projek dengan nilai berikut:

- a) RM20 juta - RM50 juta (pH JKR)
- b) Lebih RM50 juta (MyCReST)

6.4 Green Building Index

Kerajaan telah melancarkan GBI pada 21 Mei 2009 bertujuan untuk meluaskan penggunaan teknologi hijau. GBI adalah merupakan salah satu indeks pengukuran untuk penarafan hijau kepada bangunan yang mesra alam dengan salah satu skor dan elemen berkaitan adalah pengurusan air berkesan seperti berikut:-

“Encourage the design of system that does not require the use potable water supply from the local water authority like reduce potable water consumption for landscape irrigation etc.”

Di samping itu, kriteria bagi Garis Panduan Perancangan Kejiranan Hijau di bawah Kementerian Perumahan dan Kerajaan Tempatan turut menekankan usaha meminimumkan penggunaan air bagi meminimumkan penggunaan air bagi keseluruhan pembangunan.

7. METODOLOGI

Pengumpulan data primer dan sekunder telah dilaksanakan menerusi kajian kes yang telah dilaksanakan dan kajian ilmiah menerusi buku dan jurnal.

Kaedah pengumpulan data merangkumi lawatan tapak, pembacaan, *desktop study*.

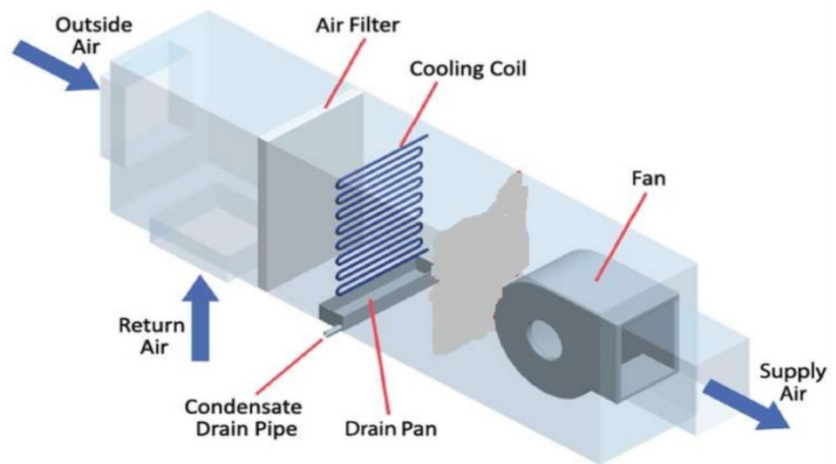
Kajian kes telah dilaksanakan terhadap pelaksanaan rekabentuk dan pemasangan yang telah dilaksanakan di tapak projek berikut:-

- a) Jabatan Kimia Malaysia Negeri Melaka
- b) Jabatan Kimia Malaysia Negeri Perak

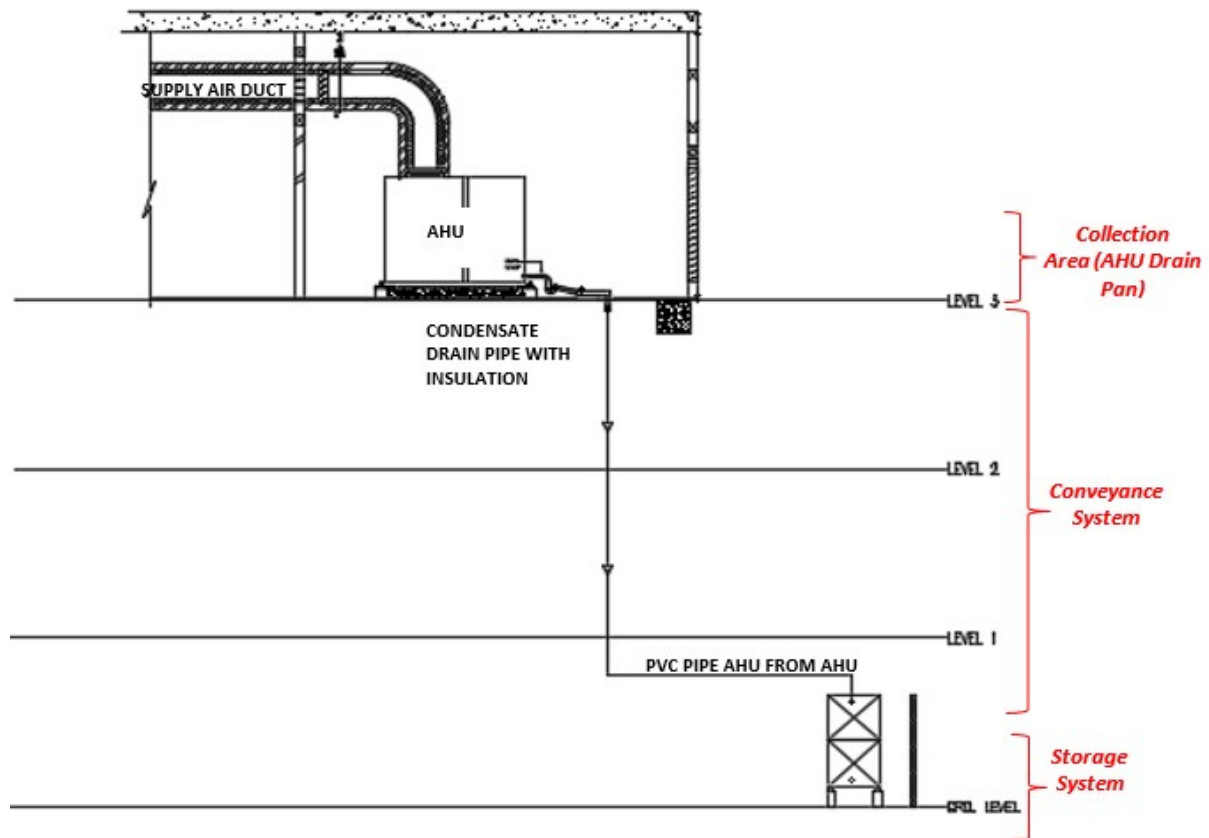
8. SISTEM ACWH

Sistem ACWH meliputi tiga (3) komponen utama iaitu kawasan mengumpul (*collection area*), sistem saluran (*conveyance system*) dan kawasan menampung air (*storage area*):-

- Collection Area* – Adalah daripada komponen takungan 'drain pan' unit sistem penyaman udara (rujuk Rajah 1)
- Conveyance System* – saluran air paip yang menyalurkan air tersisa/*condensate* daripada unit AHU ke tangki simpanan air (rujuk Rajah 2)
- Storage Area* – Tangki yang digunakan untuk menyimpan takungan air tersisa/*condensate* daripada *Air Handling Unit* (rujuk Rajah 2)



Rajah 1 : Gambarajah Kedudukan *Collection Area*



Rajah 2 : Saluran paip dan tangki ACWH

9. KRITERIA PELAKSANAAN

Kriteria pelaksanaan pemasangan sistem ACWH hendaklah ditentukan sebelum pelaksanaan perancangan, rekabentuk dan pembinaan dilaksanakan di tapak. Kriteria ditentukan adalah berdasarkan keupayaan Unit Sistem Penyaman Udara untuk menghasilkan air tersisa/*condensate*. Berikut adalah kriteria utama yang diambil kira dalam rekabentuk ACWH:-

- Sistem Penyaman Udara direkabentuk secara berpusat ;
- Kadar kelembapan relatif yang tinggi;
- Jenis bangunan yang direkabentuk - Sekiranya penetapan rekabentuk AHU direkabentuk dengan pengambilan udara luar (*outdoor air*) sehingga 100 peratus, ianya memberikan kadar air tersisa/*condensate* yang tinggi;
- Sensible Heat Ratio* (SHR) yang rendah ^[3] (0.55 hingga 0.85) dengan kadar *latent heat* yang tinggi untuk seunit AHU dan bukan untuk pengambilan udara luar;
- Terdapat ruang untuk tangki simpanan air untuk pelaksanaan insiatif.

10. PENGUKURAN AIR TERSISA/CONDENSATE

Formula Pengukuran Air Tersisa adalah seperti berikut (Sila rujuk Lampiran D untuk contoh pengiraan):-

$$\text{Condensate Water} = \frac{\text{cfm}_{\text{coil inlet}}}{V (\text{cu ft wet air per lb dry air}) \times 7000 \times 8.33 \text{ lb per gal}} \times (\omega_{\text{coil inlet}} - \omega_{\text{coil discharge}}) \text{ Grains of Moisture Per Pound Dry Air}$$

$\text{cfm}_{\text{coil inlet}}$: airflow entering coil (before coil) (cubic feet per minute)

$\omega_{\text{coil inlet}}$: Specific Humidity at coil entering-air properties (From Psychometric Chart) (Point 1) ($\text{gr}_{\text{water}} / \text{lb}_{\text{dry air}}$)

$\omega_{\text{coil discharge}}$: Specific Humidity at coil leaving-air properties (From Psychometric Chart) (Point 2) ($\text{gr}_{\text{water}} / \text{lb}_{\text{dry air}}$)

V : Specific volume at coil entering-air properties (From Psychometric Chart or AHSRAE Psychometric Software)) (cubic feet/ $\text{lb}_{\text{dry air}}$)

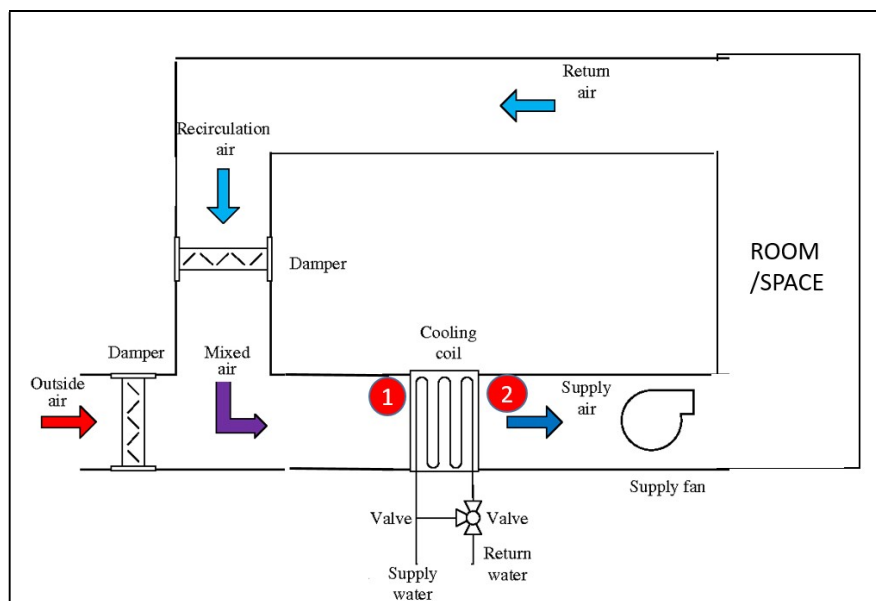
7000 : grains per lb_m of water (1 grain = 0.000143 lb_m = 0.0648 g)

$T_{\text{coil inlet}}$: Dry bulb temperature before coil (Point 1)

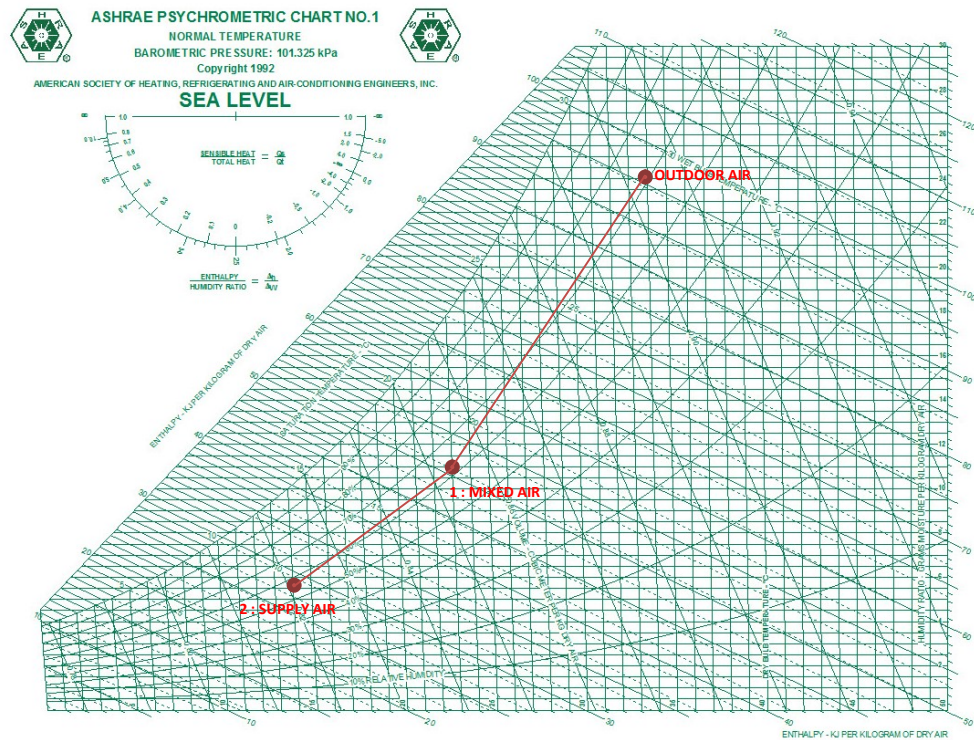
$T_{\text{coil discharge}}$: Dry bulb temperature after coil (Point 2)

$\text{RH}_{\text{coil inlet}}$: Relative Humidity before coil (Point 1)

$\text{RH}_{\text{coil discharge}}$: Relative Humidity after coil (Point 2)



Rajah 3 : Lokasi Pengukuran (1 -2)



Rajah 4: Psychrometric Chart

11. PANDUAN PELAKSANAAN PERANCANGAN, REKABENTUK DAN PEMASANGAN SISTEM ACWH

11.1 Peringkat Perancangan

a) *Plinth* Konkrit

- Jumlah beban tangki perlu dikemukakan kepada pihak sivil dan struktur untuk rekabentuk *plinth* konkrit .

b) Laluan Paip ACHW

- Untuk projek baru, koordinasi dan penyelarasan dengan pihak Arkitek perlu mengambil kira keperluan ruang untuk tangki simpanan air tersisa/*condensate* daripada sistem AHU mengikut saiz tangki yang telah direkabentuk;
- Laluan paip daripada AHU ke tangki simpanan perlu mengambil kira nilai – nilai estetik.

c) Keperluan Meter Alir Air

- Sekiranya Meter Alir Air dipasang untuk mengukur kadar aliran air daripada AHU, ianya hendaklah dipasang dikedudukan yang sesuai dan pemilihan bahan Meter Alir Air hendaklah daripada jenis *outdoor* sekiranya meter dipasang di luar bangunan;
- Kedudukan Meter Alir Air hendaklah berada pada aras yang boleh dibaca;
- Meter Alir Air adalah penting untuk perancangan kegunaan air tersisa/*condensate*.

d) Keperluan Elektrik

- Penyelarasan dengan disiplin elektrik hendaklah dilaksanakan untuk mendapatkan *point* elektrik sekiranya Meter Alir Air memerlukan punca kuasa elektrik.

e) Kebolehsenggaraan

- Sistem ACWH yang disediakan hendaklah mengambil kira elemen kbolehsenggaraan termasuk kecukupan akses untuk laluan dan kerja penyelenggaraan dilaksanakan.

11.2 Peringkat Rekabentuk dan Pemasangan

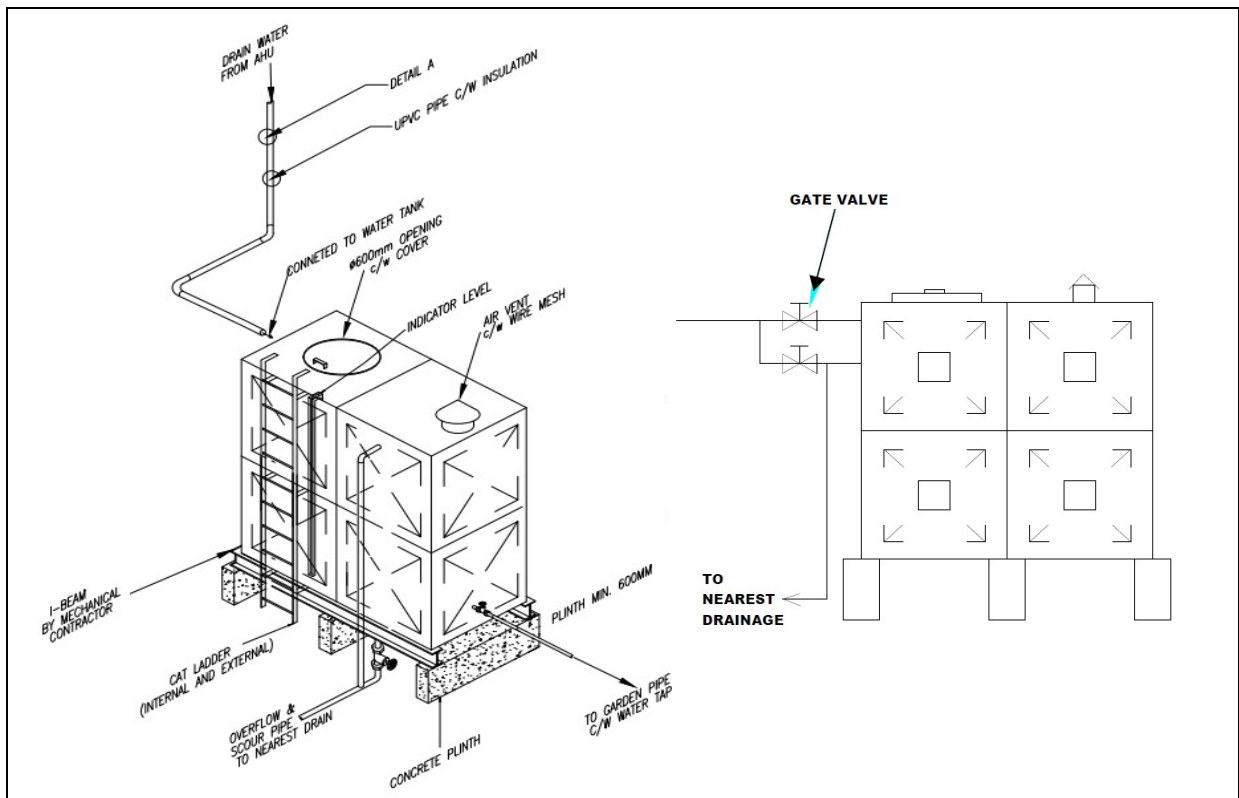
a) Saiz Paip dan Pemasangan Paip

- Saiz paip sedia ada adalah mengikut saiz asal paip air buangan daripada AHU dan dibalut dengan bahan penebat *closed cell flexible rubber compound* berketebalan 25 mm (rujuk Rajah 5);

- Paip buangan bukan daripada *Galvanised Iron* atau *metal* untuk melindungi kualiti air;
- Menyediakan paip limpahan dan dipasang terus ke saliran *floor trap* atau longkang terdekat;
- Menyediakan injap penutup dan paip *by-pass* untuk kerja-kerja penyelenggaraan tangki air pada laluan paip sebelum masuk ke dalam tangki (rujuk Rajah 6);
- Menyediakan saluran paip buangan terus ke saliran longkang berdekatan.



Rajah 5: Paip Disalurkan ke Tangki Dengan Balutan Penebat



Rajah 6 :By-pass Pipe daripada Unit AHU ke Tangki

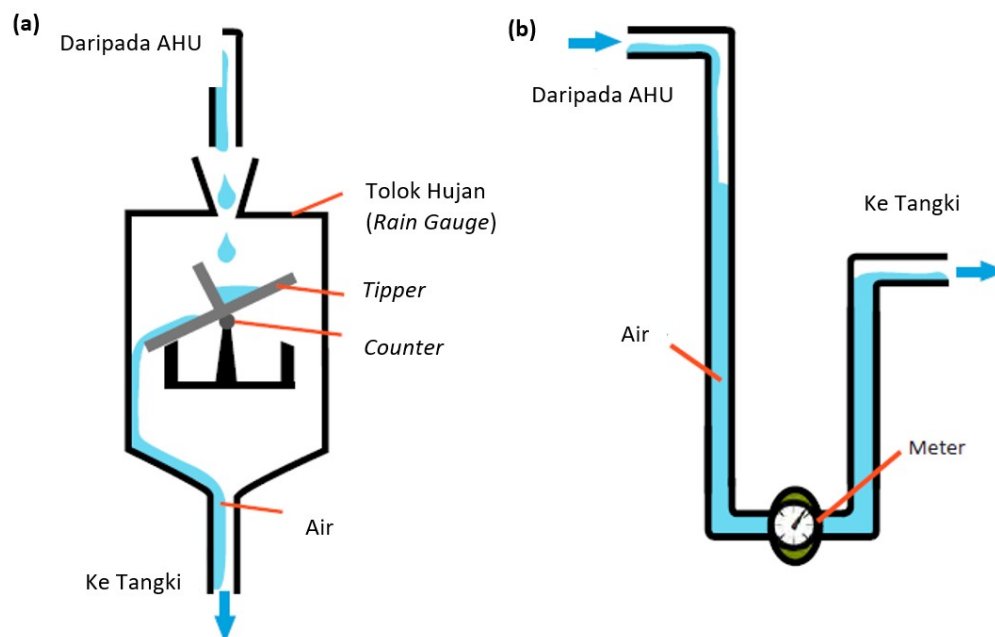
b) Rekabentuk Meter Alir Air

- Pemilihan Meter Alir Air bergantung kepada rekabentuk paip dengan pertimbangan ketinggian dan tekanan statik. Terdapat dua (2) pemilihan jenis meter :-
 - i) Aliran secara graviti (Rujuk Skematik Rajah 7) –
 - menggunakan meter alir elektronik bagi aliran melebihi 0.25 gpm;
 - menggunakan meter tolok hujan bagi aliran kurang 0.05 gpm.
 - ii) Sekiranya menggunakan pam daripada kawasan takungan (Rujuk Skematik Rajah 8) -
 - menggunakan meter air bertekanan dengan mengambil kira nilai tekanan statik (*static pressure*) dan halaju air
- *Y-Strainer* hendaklah dipasang sebelum meter untuk tujuan mencegah sisa kotoran memasuki meter alir (rujuk Rajah 10);
- Setiap meter alir dipasang hendaklah dipasang dengan injap penutup sebelum masuk meter dan selepas masuk meter bagi tujuan penyenggaraan.

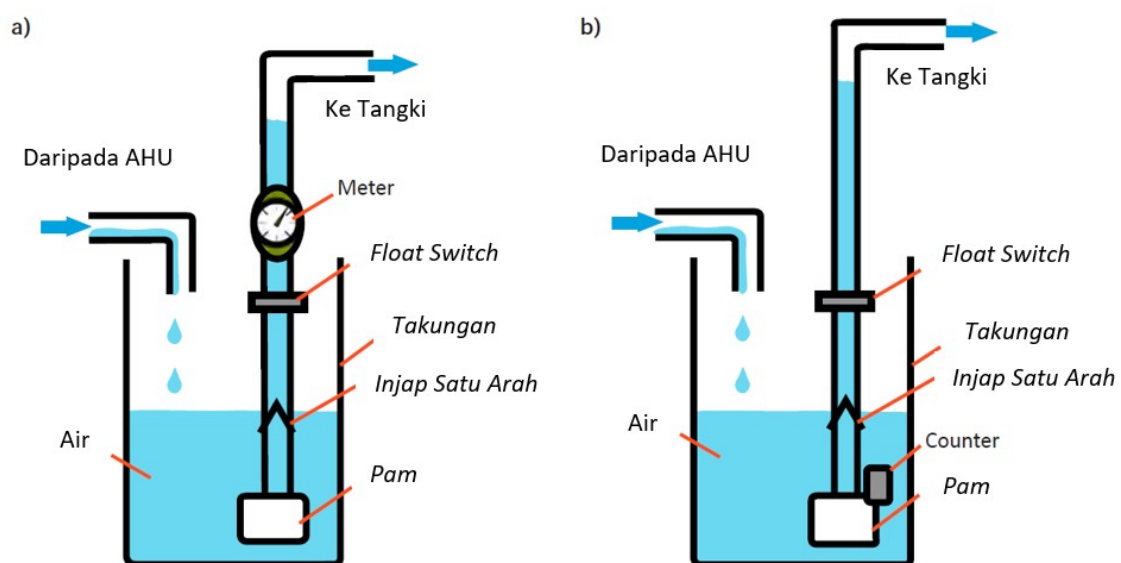
Metering Options	Meter Characteristics									
	Operable Flow Range (gpm)	Requires Minimum Inlet Pressure	Requires Full Pipe Flow Upstream	Requires Electrical Conductivity (>50 mS/cm)	Requires Power Beyond CAT5	Requires Reservoir & Level Switch	Requires Straight Run Upstream of 5 Pipe Diameters	Requires In-house Calibration & Calculations to Determine Flow Rate	Dial Output Available	Display & Signal Output Feasible
Positive displacement	> 0.25 ^a	●	●						●	●
Electronic	> 0.05	●	●	○			○			●
Reservoir, pump, & meter	all			○	●	●	○			●
Reservoir, pump, & counter	all				●	●		●		●
Automated rain gauge	< 0.05									●

● = yes , ○ = depends on meter selected

Jadual 1 : Jadual Pemilihan Meter



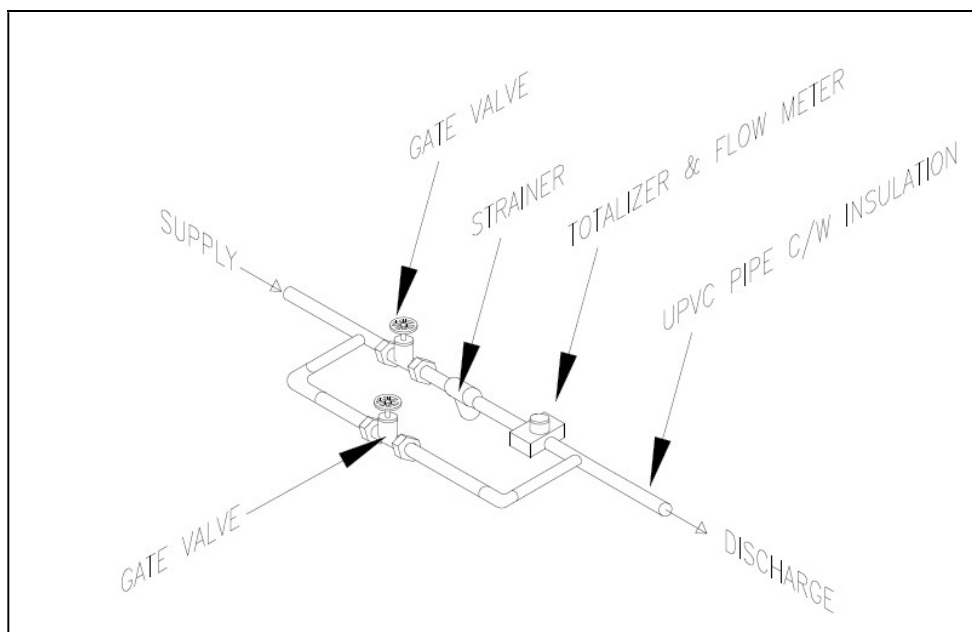
Rajah 7 :Skematik Untuk Aliran Kedudukan Meter Secara Graviti



Rajah 8 :Skematik Untuk Aliran Kedudukan Meter Menggunakan Pam



Rajah 9 :Contoh Meter Alir Air Untuk Mengukur Kuantiti Air



Rajah 10 : Y-Strainer Dipasang Sebelum Meter Alir Air (Kedudukan Menegak)

c) Pemilihan dan Rekabentuk Tangki

- Penentuan saiz rekabentuk tangki adalah mengikut kapasiti sistem penyaman udara berpusat sistem saliran air tersisa/*condensate* yang dibina dalam satu rangkaian seperti di Jadual 2 dan Jadual 3;
- Pemilihan bahan tangki adalah penting dalam rekabentuk ACWH. Pemilihan bahan tangki hendaklah daripada jenis bukan diperbuat daripada bahan besi (metal) ataupun *galvanised iron* untuk mengekalkan tahap kualiti air;
- Sambungan paip *drain* daripada AHU masuk ke dalam tangki hendaklah tanpa sebarang halangan dan tanpa sebarang pemasangan injap pelampung;
- Setiap tangki hendaklah dipasang dengan pili air untuk kegunaan harian;
- Tangki hendaklah dipasang dengan penanda aras air;
- Menyediakan tangga (*cat ladder*) dan akses masuk untuk tujuan tujuan penyenggaraan;
- Menyediakan satu (1) saliran buangan untuk membenarkan lebihan air tersisa/*condensate* keluar daripada tangki;
- Tapak konkrit boleh menampung beban tangki (perlu semakan disiplin Sivill dan Struktur untuk rekabentuk *plinth* konkrit).

No.	Kapasiti Sistem Penyaman Udara Berpusat (RT)	Saiz Tangki (Gal)
1	0 - 300	264
2	301 – 600	528
3	601 – 1,000	1,057
4	1,001 – 1,600	1,585
5	1,601 – 2,000	2,114
6	2,001 – 2,400	2,378

Jadual 2 : Pemilihan Saiz Tangki Untuk Rekabentuk Sistem Penyaman Udara Dengan 10% Pengambilan Udara Luar

No.	Kapasiti Sistem Penyaman Udara Berpusat (RT)	Saiz Tangki (Gal)
1	0 - 300	1,057
2	301 – 600	1,585
3	601 – 1,000	3,567
4	1,001 – 1,600	4,755
5	1,601 – 2,000	6,000

Jadual 3 : Pemilihan Saiz Tangki Untuk Rekabentuk Sistem Penyaman Udara Dengan 100 % Pengambilan Udara Luar

d) Label dan Papan Tanda

- Setiap tangki ACWH hendaklah dipasang dengan label '**AIR TIDAK BOLEH DIMINUM**' atau papan tanda pada setiap bahagian tangki. Kegunaan air tersebut juga boleh dinyatakan dalam label atau papan tanda tersebut.



Rajah 11: Contoh Label “Air Tidak Boleh Diminum”

e) Kualiti Air

- Air yang akan digunakan hendaklah diambil sampelnya sebelum digunakan dan dibawa ke Jabatan Kimia Malaysia untuk diuji kualiti airnya supaya bebas daripada bahan tercemar atau microorganisma berbahaya seperti *e-coli*. (rujuk contoh Lampiran B). Berdasarkan sumber EPA, air tersisa yang terhasil daripada AHU mempunyai kadar *sediment*, *Total Dissolved Solids (TDS)*, *Hardness*, *Organix Biological Oxygen Demand (BOD)* yang rendah. Walau bagaimanapun *Pathogens* level perlu diperiksa dengan lebih lanjut.

Possible Sources	Level of Water Quality Concern					
	Sediment	Total Dissolved Solids (TDS)	Hardness	Organic Biological Oxygen Demand (BOD)	Pathogens ^b	Other Consideration
Rainwater	Low/Medium	Low	Low	Low	Low	none
Stormwater	High	Depends	Low	Medium	Medium	Pesticides and fertilizers
Air Handling Condensate	Low	Low	Low	Low	Medium	May contain copper when coil cleaned
Cooling Tower Blowdown	Medium	High	High	Medium	Medium	Cooling tower treatment chemicals
Reverse Osmosis and Nano filtration Reject Water	Low	High	High	Low	Low	High Salt Content
Greywater	High	Medium	Medium	High	High	Detergents and bleach
Foundation Drain Water	Low	Depends	Depends	Medium	Medium	Similar to stormwater

Jadual 4: Kajian Berkaitan Kualiti Air daripada Pelbagai Sumber

f) Keperluan Pam

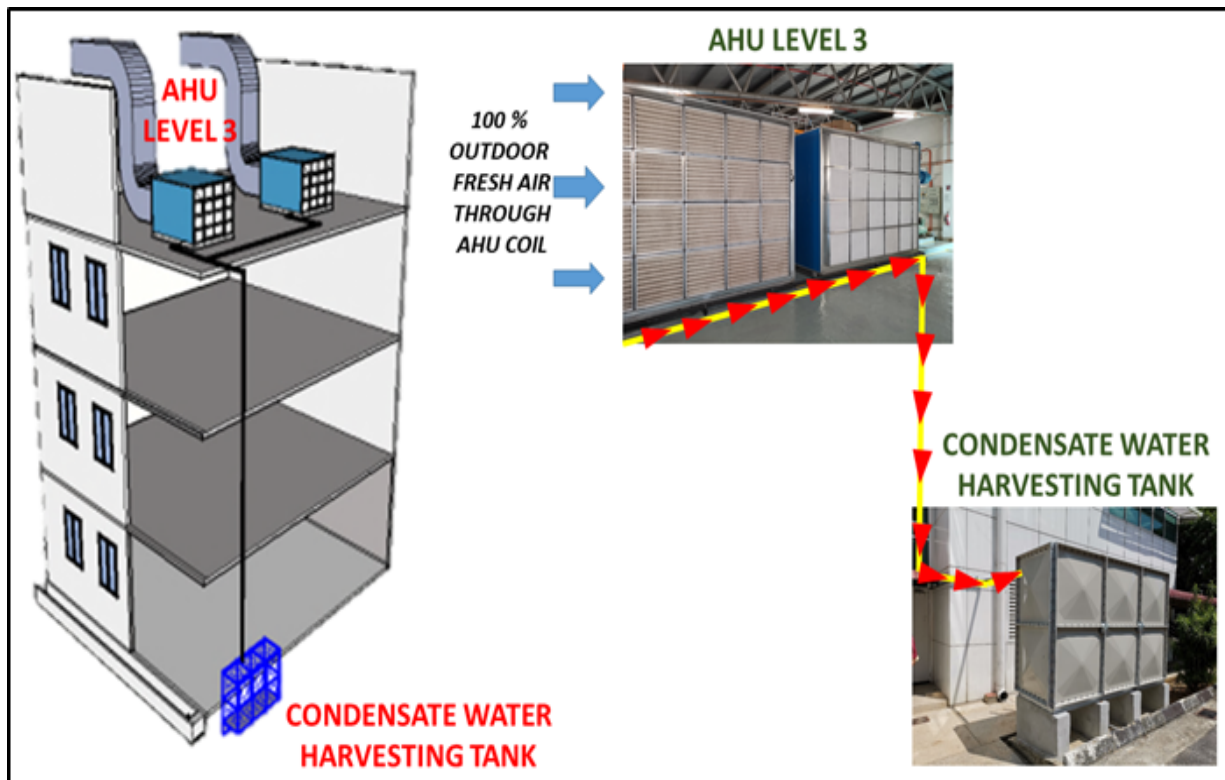
- Sekiranya terdapat cadangan untuk menggunakan di lokasi yang jauh daripada kedudukan tangki air ACWH, keperluan pam dan rekabentuk paip saliran air perlu ditentukan. Kajian terperinci juga perlu dilaksanakan sekiranya terdapat keperluan untuk digunakan bagi tujuan meningkatkan kecekapan tenaga ataupun mengurangkan penggunaan air terawat seperti penggunaan untuk *cooling tower*, *pre cooled* unit dan lain-lain lagi.

12. KAJIAN KES DAN PERINCIAN REKABENTUK

Pembangunan rekabentuk dan pemasangan sistem melibatkan dua (2) lokasi iaitu Jabatan Kimia Malaysia Negeri Melaka dan Jabatan Kimia Malaysia Negeri Perak. Kedua-dua projek ini telah dilaksanakan secara *in-house* melibatkan penggantian sistem *Water Cooled Chiller* dengan fokus utama penyediaan sistem ACWH adalah bertujuan untuk siraman tanaman dan lanskap di kedua-dua Jabatan termasuk cucian kenderaan, lantai, saliran longkang dan lain-lain. Pelaksanaan kajian telah dilaksanakan secara berperingkat dan dimulai dengan Jabatan Kimia Malaysia Negeri Melaka pada 17 Mac 2020. Berikut adalah hasil kajian bagi sistem ACWH di Jabatan Kimia Malaysia Negeri Melaka.

12.1 Maklumat Sistem Penyaman Udara Yang Direkabentuk seperti berikut:-

a) Jenis Sistem	: <i>Water Cooled Chiller System</i>
b) Kapasiti Chiller	: 350 RT
c) Bilangan Unit AHU (1 <i>duty</i> /1 <i>standby</i>)	: 2 Unit
d) Kapasiti Penyejukan 1 Unit AHU	: 3,828,000 btu/hr (319 RT)
e) Operasi AHU	: <i>Variable Speed Drive</i>
f) Kadar Aliran Udara (cfm)	: 35,000 cfm
g) Kemasukan Udara Luar (<i>Outdoor/Fresh Air</i>)	: 100%



Rajah 12: Gambarajah Pemasangan Sistem ACWH Di Jabatan Kimia Melaka

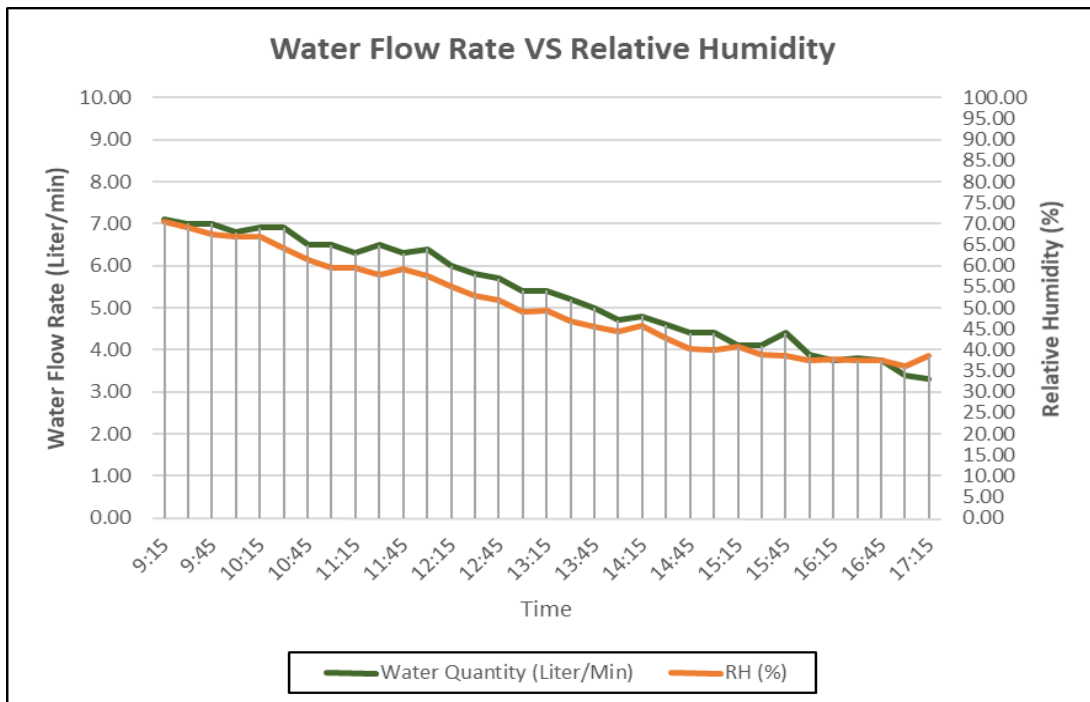
12.2 Spesifikasi ACWH dan Kos Terlibat

Bil.	Butiran	Kuantiti	Kos (RM)
1	COLLECTION AREA • <i>Drain Pan Unit AHU (OEM)</i>	Termasuk (Kos AHU)	Termasuk (Kos AHU)
2	CONVEYANCE SYSTEM		
2a	Saluran paip buangan PVC :Diameter 50mm (mengikut rekabentuk saliran keluar sedia ada)		
2b	Penebat daripada AHU ke Paip Buangan • <i>Rubber Compound Insulation : 25mm</i>		
3	STORAGE AREA		
3a	Tangki Simpanan Air ACWH • Jenis Bahan : FRP (<i>1600 gallons</i>) • Termasuk aksesori : <i>with hose reel</i> (50 meter)		
3b	Tapak dan <i>Concrete Plinth</i> Tangki Simpanan Air ACWH		
JUMLAH (RM)			9,400.00

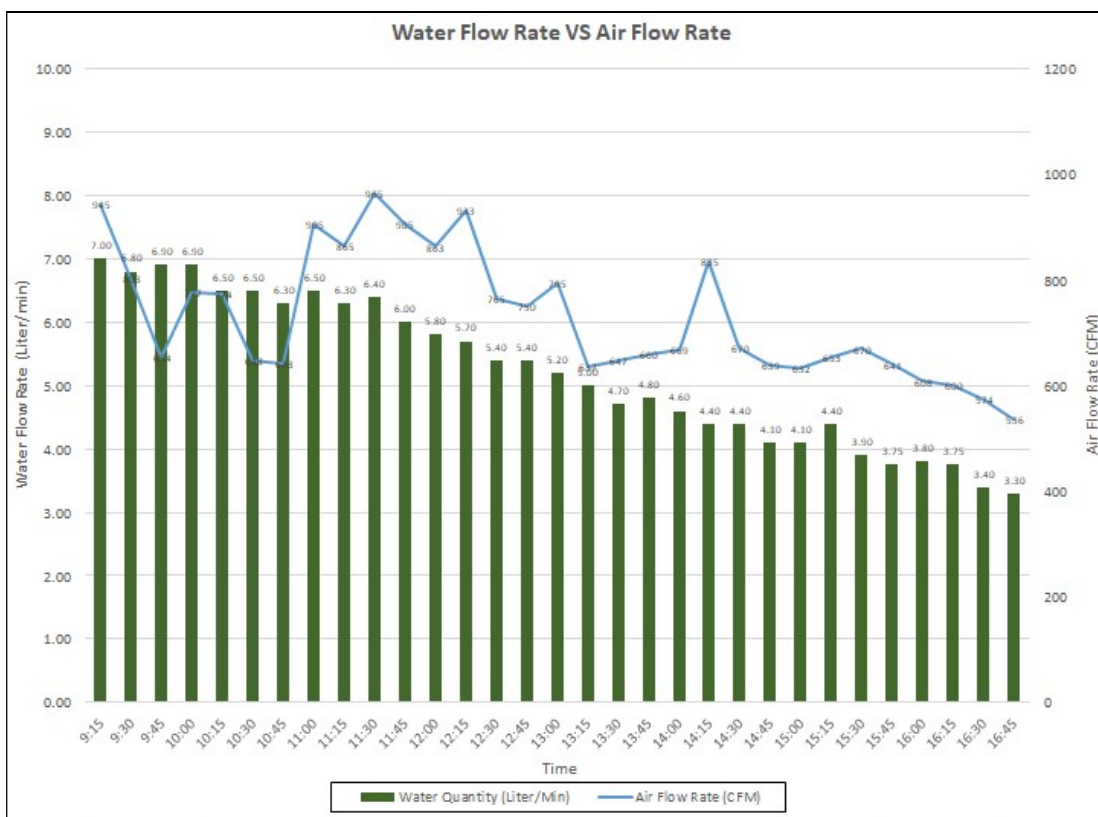
12.3 Hasil kajian rekabentuk adalah seperti berikut:-

Berdasarkan hasil kajian yang telah dilaksanakan Rajah 13 menunjukkan graf dengan kelembapan relatif pada nilai 70.5 peratus dapat menghasilkan 7.1 liter air bagi setiap minit. Manakala kadar kuantiti air berkurang apabila nilai kelembapan relatif berkurang kepada 36 peratus dengan kuantiti kadar air minimum yang boleh dicapai adalah sehingga 3.4 liter air bagi setiap minit. Di samping itu, perubahan kadar aliran udara seperti di Rajah 14 turut mempengaruhi kadar aliran air yang terhasil daripada AHU. Analisa menunjukkan, apabila berlaku peningkatan kadar aliran udara masuk ke dalam unit AHU, kuantiti air terjana juga didapati bertambah. Kajian menunjukkan parameter kelembapan relatif dan kelajuan udara adalah aspek yang penting selain daripada rekabentuk kapasiti AHU. Secara purata, bagi tempoh 8 jam pengukuran kuantiti air, unit AHU berkapasiti 319 RT dengan 100 peratus pengambilan udara luar berkemampuan menghasilkan kuantiti air sebanyak 2510 liter dengan kadar aliran air secara purata 5.23 liter bagi setiap minit. Rumusan hasil kajian adalah seperti berikut:-

- a) Tarikh Pengujian : 17 Mac 2020
- b) Klimatologi : Musim Kurang Taburan Hujan (20%-40%)
: (Januari 2020 Hingga Mac 2020)
- c) Tempoh Operasi Sistem : 8 Jam
- d) Kuantiti Air Berkumpul : 2510 liter
- e) Kadar Aliran Air Terjana (Purata): 5.23 liter/minit (7.9 Liter/RT)
- f) Kadar Kelembapan Relatif : 36% hingga 70%



Rajah 133 :Graf Pengukuran Kadar Alir Air Dengan Perbezaan Kelembapan Relatif



Rajah 144 :Graf Pengukuran Kadar Alir Air Dengan Perbezaan Kadar Alir Udara

12.4 Pengiraan *Outcome* Kajian :-

a) Anggaran Penjimatan Kos Air Terawat

- Kadar Kos Air Terawat RM2.31 bagi setiap 1000 liter (Sumber SPAN)
- Sehari = RM 5.80
- Sebulan = RM 174.00
- **Setahun = RM 2,088.00**

b) Anggaran Tempoh Pulangan Balik

- Kos Pelaburan = RM 9,400.00
- Kos Penyelenggaraan = RM 480.00
- Jumlah Kos Pelaburan Kos Pelaburan = RM 9,880.00
- Kadar Kos Air Terawat Setahun = RM 2,088.00
- Tempoh Pulangan Balik = **4.7 Tahun**

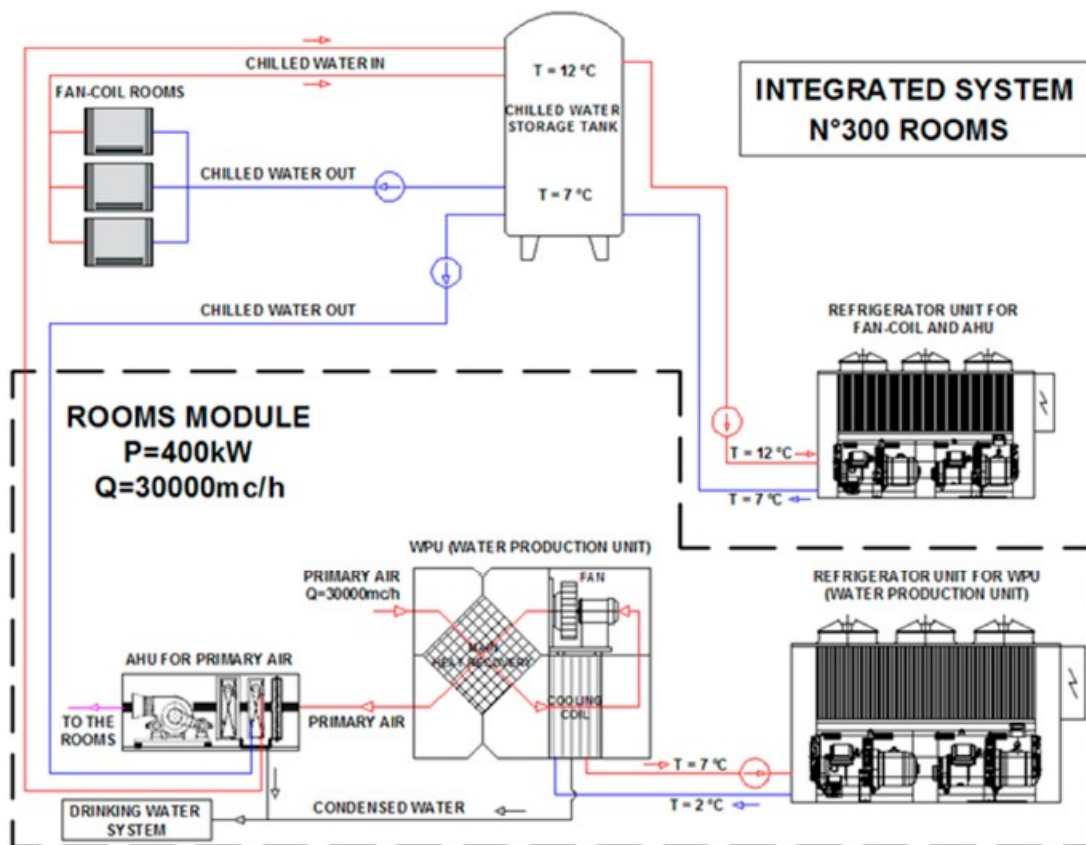
12.5 Keputusan Analisa Air

Keputusan Analisa Air daripada punca Tangki ACWH di Jabatan Kimia Malaysia Negeri Melaka menunjukkan air selamat untuk digunakan bagi aktiviti harian Jabatan Kimia seperti untuk siraman tanaman, pokok dan untuk kegunaan cucian lain. **(Rujuk Lampiran B).**

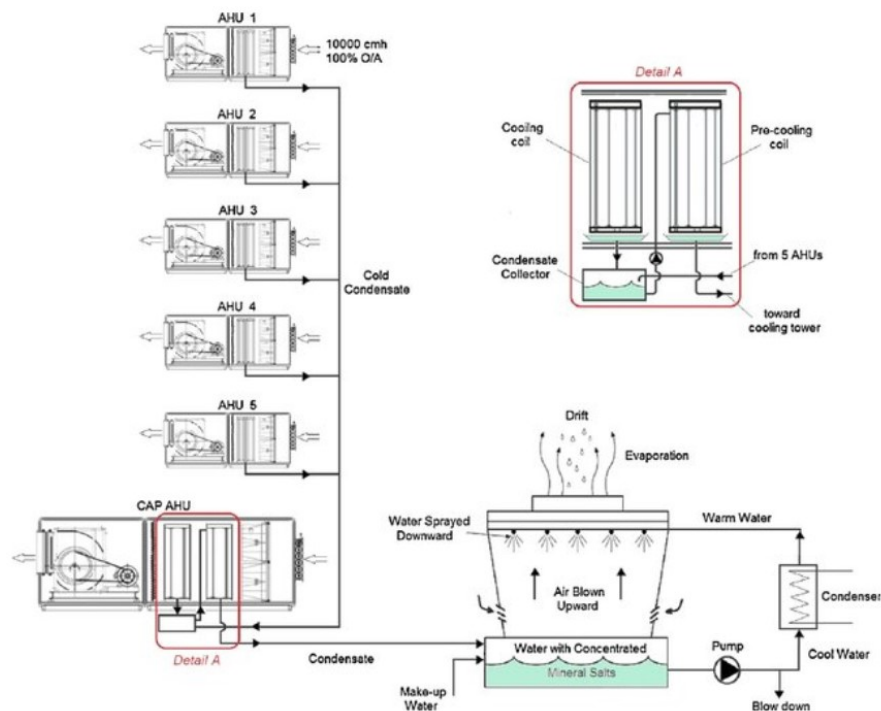
13. POTENSI ACWH

Secara amnya, selain daripada ACWH mempunyai manfaat tambahan yang boleh diperluaskan kegunaannya selain daripada siraman pokok, pencucian am dan sebagainya. Air yang dihasilkan daripada AHU juga berkemampuan untuk memberikan penjimatan air tambahan dan penjimatan tenaga untuk aplikasi seperti berikut:-

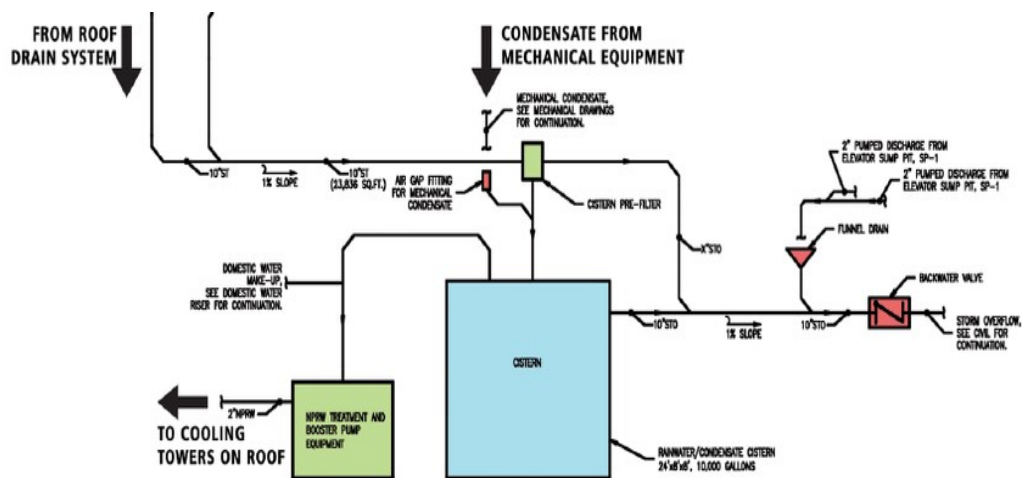
- Bekalan air tambahan kepada *Cooling Tower*
- Pre Cooled Unit* kepada Sistem Penyaman Udara
- Sistem Bekalan Air dan Sanitari
- Untuk diminum



Rajah 155: Contoh Air Daripada AHU digunakan Untuk *Pre Cooled* dan Minuman



Rajah 166: Contoh Air Daripada Digunakan Untuk *Cooling Tower Make-Up Water Tank* dan *Pre Cooled*



WATER HARVESTING SYSTEM DIAGRAM

Rajah 177: Contoh Gabungan *AHU Condensate Water Harvesting* dan *Rain Water Harvesting*

14. PENUTUP

- a) Secara ringkasnya, garis panduan ini menyediakan panduan semasa mereka bentuk sistem *AHU Condensate Water Harvesting* dan menjelaskan potensi yang boleh diberikan oleh rekabentuk ACWH.
- b) Garis panduan ini juga menjelaskan peranan dan tanggungjawab disiplin-disiplin lain yang berkaitan bagi memastikan faktor dan keperluan utama perlu diberi perhatian semasa kerja-kerja mereka bentuk bangunan dan sistem *AHU Condensate Water Harvesting*.
- c) Garis Panduan ini juga membantu mengurangkan penggunaan air terawat dan mengurangkan kos operasi jabatan bagi tempoh jangka panjang di mana air yang terhasil daripada proses dehumidifikasi udara yang melalui *cooling coil* di dalam unit AHU dikumpulkan untuk tujuan siraman lanskap bangunan dan cucian am (seperti mencuci kenderaan, lantai, longkang).

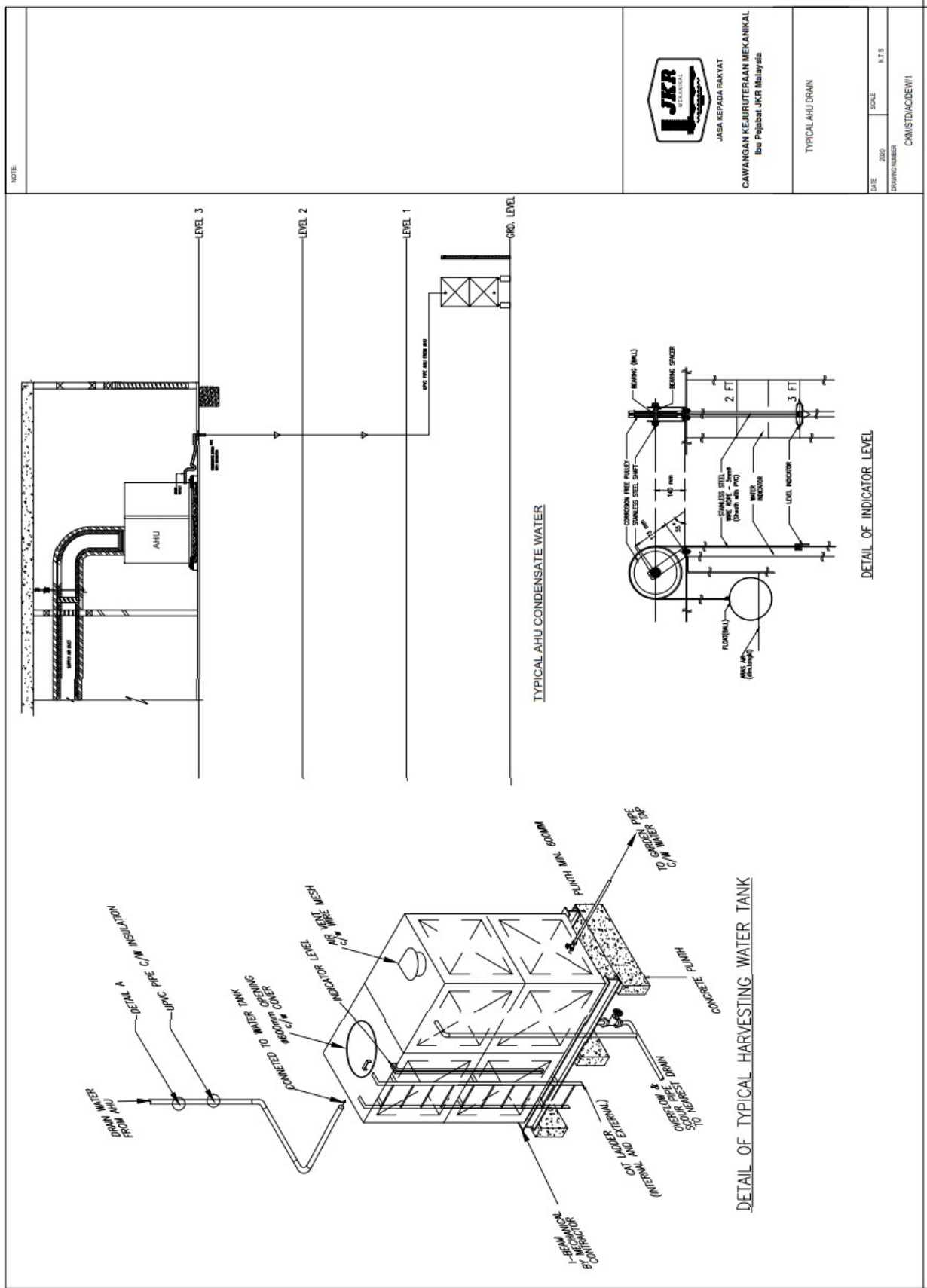
RUJUKAN

- [1] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (2017). *2017 ASHRAE handbook: Fundamentals*. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers
- [2] Air Conditioning - Cooling of Air and Generated Condensate. (n.d.). Retrieved February 20, 2020, from https://www.engineeringtoolbox.com/condensate-air-conditioning-d_884.html
- [3] Glawe, D. D. (2013). San Antonio condensate collection and use manual for commercial buildings.
- [4] Karen Guz, 2005 "Condensate Water Recovery" ASHRAE Journal. p 54-56
- [5] Magrini, A., Cattani, L., Cartesegna, M., & Magnani, L. (2017). Water Production from Air Conditioning Systems: Some Evaluations about a Sustainable Use of Resources. *Sustainability*, 9(8)
- [6] Ali, M. A., Saifur, S., & Ali, M. A. (2018). Quantification of Condensate Water Generated from Air Conditioning System. *Global Science Technology Journal*, 6, 44-56
- [7] The Malaysia Water Association (2018), Malaysia Water Industry Guide

LAMPIRAN

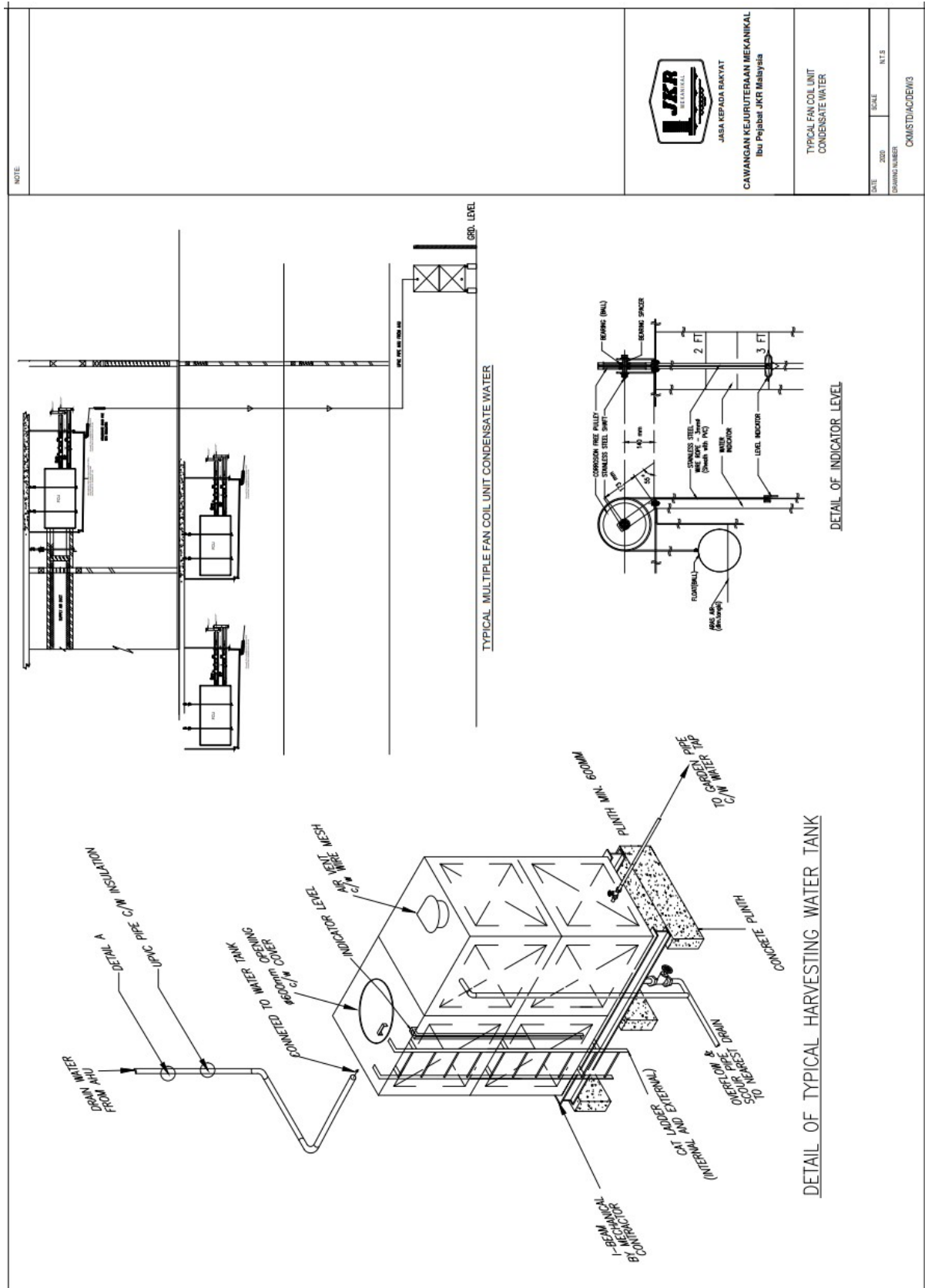
- Lampiran A - Contoh Lukisan *AHU Condensate Water Harvesting***
- Lampiran B - Contoh Laporan Keputusan Analisa Kualiti Air**
- Lampiran C - Senarai Semak Keperluan *AHU Condensate Water Harvesting***
- Lampiran D - Senarai Semak Rekabentuk *AHU Condensate Water Harvesting***
- Lampiran E - Contoh Pengiraan Secara Teori Bagi Kuantiti Air Tersisa/
Condensate Terhasil Daripada Unit Ahu**

LAMPIRAN A1
CONTOH LUKISAN AHU CONDENSATE WATER HARVESTING



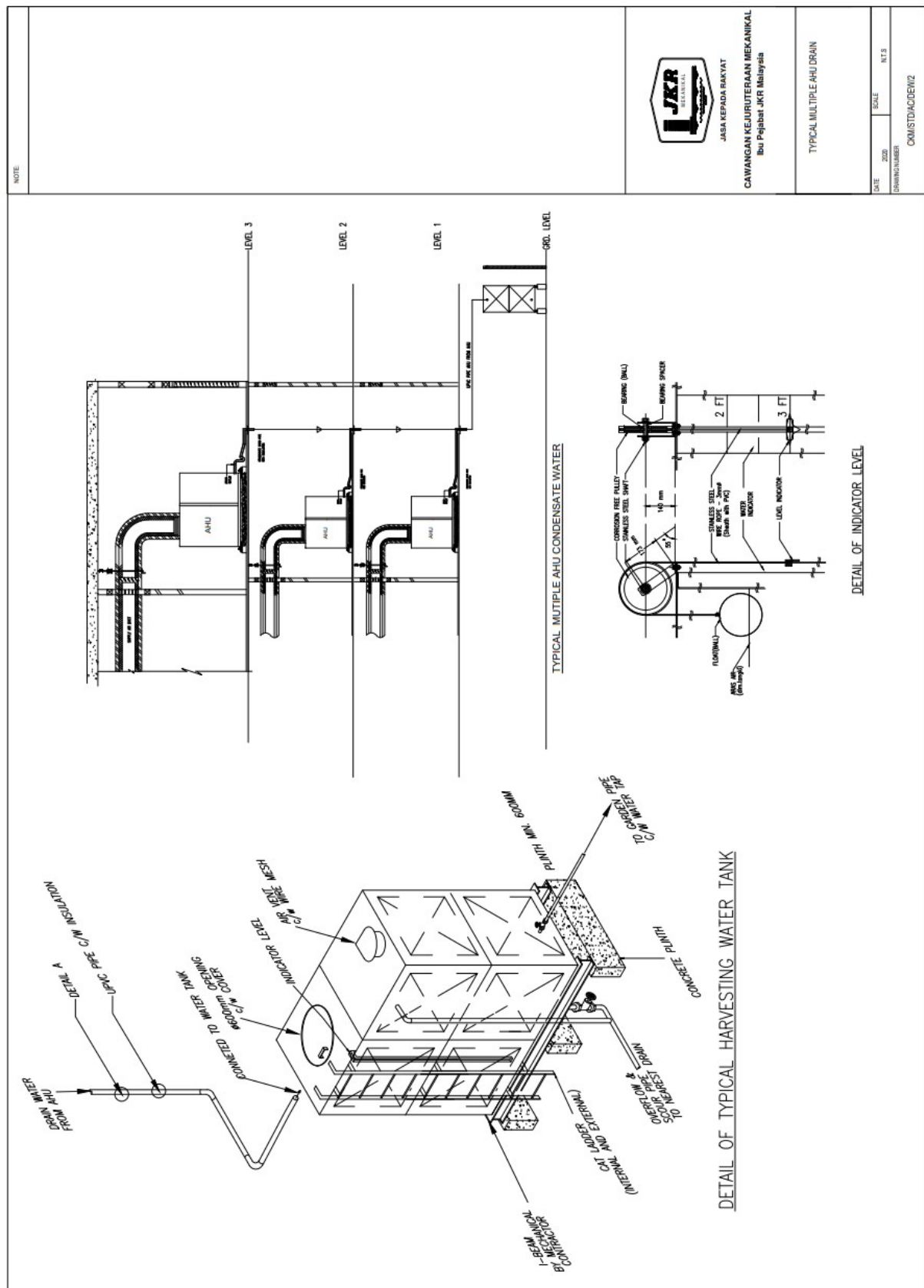
LAMPIRAN A2

CONTOH LUKISAN AHU CONDENSATE WATER HARVESTING



LAMPIRAN A3

CONTOH LUKISAN AHU CONDENSATE WATER HARVESTING



LAMPIRAN B

CONTOH LAPORAN KEPUTUSAN ANALISA KUALITI AIR

PUNCA SAMPEL : TANGKI AIR ACWH JABATAN KIMIA MALAYSIA NEGERI MELAKA

TARIKH : 12 DISEMBER 2019

LAPORAN OLEH : JABATAN KIMIA MALAYSIA NEGERI MELAKA



JABATAN KIMIA MALAYSIA
KEMENTERIAN TENAGA, SAINS, TEKNOLOGI,
ALAM SEKITAR DAN PERUBAHAN IKLIM
 DEPARTMENT OF CHEMISTRY MALAYSIA
 MINISTRY OF ENERGY, SCIENCE, TECHNOLOGY,
 ENVIRONMENT & CLIMATE CHANGE



PERINGATAN - Laporan ini tidak boleh digunakan untuk iklan atau dijanakan semula tanpa kebenaran.

No. Makmal : M(AS)00384/19 Tarikh : 12/12/2019
 Ruj. Tuan : Air Tangki

LAPORAN

Berkenaan dengan 1 sampel AIR TANGKI yang diterima pada 22/11/2019, jam 1228, keputusan analisis adalah seperti berikut:-

Tanda Sampel		Stesen Percontohan	Tarikh dan Masa Percontohan	
AT		TANGKI AIR	22/11/2019 11:30 AM	
Ujian			Tanda Sampel/ Keputusan	Kaedah Analisis
			AT	
1	Pepejal Terampai	(mg/L)	< 1.2	APHA 2540 D
2	Minyak dan Gris	(mg/L)	ND	APHA 5520 B
3	BOD5 pada 20 degC	(mg/L)	< 2.0	APHA 5210 B, 4500 OG
4	COD	(mg/L)	2.9	JKM W 0401
5	Besi	(mg/L)	0.20	APHA 3111 B
6	Mangan	(mg/L)	0.02	APHA 3111 B
7	Tembaga	(mg/L)	< 0.01	APHA 3111 B
8	Nikel	(mg/L)	0.05	APHA 3111 B
9	Plumbum	(mg/L)	< 0.04	APHA 3111 B
10	Zink	(mg/L)	0.23	APHA 3111 B
11	Kadmium	(mg/L)	< 0.007	APHA 3111 B
12	Nitrogen Ammonia	(mg/L)	< 5.0	APHA 4500-NH3 B, C
13	Arsenik	(mg/L)	< 0.0002	APHA 3114 C


 Nur Maisarah Binti Esa
 Ahli Kimia
 b.p. Ketua Pengarah Kimia
 Malaysia

MUKA 1

LAMPIRAN B

CONTOH LAPORAN KEPUTUSAN ANALISA KUALITI AIR

PUNCA SAMPEL : TANGKI AIR ACWH JABATAN KIMIA MALAYSIA NEGERI MELAKA

TARIKH : 12 DISEMBER 2019

LAPORAN OLEH : JABATAN KIMIA MALAYSIA NEGERI MELAKA

		JABATAN KIMIA MALAYSIA KEMENTERIAN TENAGA, SAINS, TEKNOLOGI, ALAM SEKITAR DAN PERUBAHAN IKLIM DEPARTMENT OF CHEMISTRY MALAYSIA MINISTRY OF ENERGY, SCIENCE, TECHNOLOGY, ENVIRONMENT & CLIMATE CHANGE			
PERINGATAN - Laporan ini tidak boleh digunakan untuk iklan atau dijanakan semula tanpa kebenaran.					
No. Makmal : M(AS)00364/19		Tarikh : 12/12/2019			
Ruj. Tuan : Air Tangki					
<u>Ujian</u>		<u>Tanda Sampel/ Keputusan</u>		<u>Kaedah Analisis</u>	
14	Raksa (mg/L)	< 0.008		APHA 3112 B	
Sila rujuk lampiran untuk kaedah analisis ND – NOT DETECTED					
LAMPIRAN					
Ulasan : Bekas sampel akan diupuskan sekiranya tidak dipungut oleh penghantar dalam tempoh satu bulan dari tarikh analisis ini.					
Pengarah Kanan Bahagian Pekar Penyaman Udara & Perlindungan Risiko Kebakaran, Cawangan Kejuruteraan Mekanikal, Ibu Pejabat JKR Malaysia, Menara Kerja Raya, Kuala Lumpur					
s.k.:					
 Nur Maisarah Binti Esa Ahli Kimia b.p. Ketua Pengarah Kimia Malaysia					
MUKA 2 (MUKA AKHIR)					

LAMPIRAN B

CONTOH LAPORAN KEPUTUSAN ANALISA KUALITI AIR

PUNCA SAMPEL : TANGKI AIR ACWH JABATAN KIMIA MALAYSIA NEGERI MELAKA

TARIKH : 12 DISEMBER 2019

LAPORAN OLEH : JABATAN KIMIA MALAYSIA NEGERI MELAKA



JABATAN KIMIA MALAYSIA
KEMENTERIAN TENAGA, SAINS, TEKNOLOGI,
ALAM SEKITAR DAN PERUBAHAN IKLIM
 DEPARTMENT OF CHEMISTRY MALAYSIA
 MINISTRY OF ENERGY, SCIENCE, TECHNOLOGY,
 ENVIRONMENT & CLIMATE CHANGE



PERINGATAN : Laporan ini tidak boleh digunakan untuk iklan atau dijanakan semula tanpa kebenaran.

Sampel yang diterima daripada :
 Jabatan Kimia Malaysia Negeri Melaka
 Jln Tun Kudu, Bukit Katil, 75450 Melaka

Tarikh : 13 Disember 2019

ANALISIS BAKTERIA BAGI PEMANTAUAN KUALITI AIR TANGKI AHU

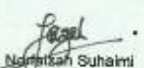
Tempoh Diterima : Dari 08/12/2019 Hingga 14/12/2019 (MINGGU 49)

No. Makmal	Tempat Mencontoh	Jenis Air	Tarikh Contoh	Masa Contoh	Total Coliform MPN/100ml	Total Coliform cfu/100ml	E.coli MPN/100ml	E. coli cfu/100ml
BEKALAN: AIR TANGKI AHU JABATAN KIMIA MALAYSIA NEGERI MELAKA								
M(BT)00883/19 001	P1 (A) PAIP 1	Air Terawat	11/12/2019	14:40 PM	<1		<1	
M(BT)00883/19 002	P1 (B) PAIP 1	Air Terawat	11/12/2019	14:45 PM	<1		<1	
M(BT)00883/19 003	P2 (A) PAIP 2	Air Terawat	11/12/2019	14:50 PM	<1		<1	
M(BT)00883/19 004	P2 (B) PAIP 2	Air Terawat	11/12/2019	14:55 PM	<1		<1	
M(BT)00883/19 005	P1 PAIP 1	Air Mentah	11/12/2019	14:30 PM	<1.8		<1.8	
M(BT)00883/19 008	P2 PAIP 2	Air Mentah	11/12/2019	14:35 PM	<1.8		<1.8	

ULASAN : JKM M 2032 - Total coliform and Escherichia coli (Membrane filtration technique for Treated Water)
 JKM M 2040 - Coliform and E.coli Count (MPN Method for Raw Water)

S.K. :

Pengarah Kanan
 Bahagian Pakar Penyaman Udara & Perlindungan Risiko Kebakaran,
 Cawangan Kejuruteraan Mekanikal,
 Ibu Pejabat JKR Malaysia,
 Menara Kerja Raya,
 Kuala Lumpur


 Norhisham Suhami
 Ahli Mikrobiologi
 b.p. Ketua Pengarah
 Jabatan Kimia Malaysia

Page 1 of 1

LAMPIRAN C

SENARAI SEMAK REKABENTUK *AHU CONDENSATE WATER HARVESTING*

BIL	PERKARA	SEMAKAN (√ / X)
1.	Sistem Penyaman Udara direkabentuk secara berpusat	
2.	Kadar air terkumpul melebihi keperluan atau aktiviti yang diperlukan Jabatan Formula Pengukuran Air Tersisa :- $\text{Condensate Water} = \frac{\text{cfm}_{\text{coil inlet}}}{\text{V (cu ft wet air per lb dry air)} \times 7000 \times 8.33 \text{ lb per gal}} \times (\omega_{\text{coil inlet}} - \omega_{\text{coil discharge}}) \text{ Grains of Moisture Per Pound Dry Air}$ *Nota : Pengiraan kapasiti tangki perlu mengambil kira AHU terlibat dalam sistem	
3.	Rekabentuk <i>Sensible Heat Ratio</i> pada kadar 0.55 sehingga 0.80	
4.	Keperluan tangki simpanan di lokasi adalah mencukupi	
5.	Papak konkrit boleh menampung beban tangki (<i>perlu semakan HODT Sivil dan Struktur</i>)	
6.	Semakan keperluan pam bagi kegunaan aktiviti harian	
7.	Semakan dengan HODT Elektrik jika ada keperluan untuk menggunakan pam	
8.	Laluan paip tersisa/ <i>condensate</i> tersedia	
9.	Memaklumkan keperluan kepada HOPT/Jabatan/Agensi Pelanggan	

LAMPIRAN D

CONTOH PENGIRAAN SECARA TEORI BAGI KUANTITI AIR TERSISA/CONDENSATE TERHASIL DARIPADA UNIT AHU

1. Maklumat Rekabentuk

Maklumat dan rekabentuk adalah berpandukan standard MS1525:2019 dengan beberapa nilai anggaran bagi tujuan pengiraan secara teori untuk menentukan kuantiti air tersisa/condensate daripada AHU:-

- a) Kapasiti Penyejukan 1 Unit AHU : 3,828,000 btu/hr (319 RT)
- b) Kadar Aliran Udara (cfm) : 35,000 cfm
(dengan anggapan unit AHU beroperasi secara malar (dengan nilai tetap)
- c) Kemasukan Udara Luar (*Outdoor/Fresh Air*) : 100%

Parameter yang disenaraikan dalam jadual adalah dengan anggapan bahawa suhu dan kelembapan relatif adalah kekal malar pada setiap masa.

Parameter	Sebelum Coil	Selepas Coil (Anggapan)
Suhu <i>Dry Bulb</i> (°C)	33.3	12
Suhu <i>Wet Bulb</i> (°C)	28.0	7.8
Kelembapan Relatif (%)	68.2	60
$\omega_{\text{coil inlet}}$ (<i>gr_{water} / lb_{dry air}</i>) (<i>From Psychometric Chart</i>)	158	38
V (cu ft wet air per lb dry air) (<i>From Psychometric Chart</i>)		14.4

2. Formula

Condensate Water = $\frac{\text{cfm}_{\text{coil inlet}}}{V} \times (\omega_{\text{coil inlet}} - \omega_{\text{coil discharge}})$ Grains of Moisture Per Pound Dry Air
(gallons per minute) (cu ft wet air per lb dry air) x 7000 x 8.33 lb per gal

$$\text{Condensate Water Gal Per Min} := \frac{35000 \times (158 - 38)}{14.4 \times 7000 \times 8.33}$$

$$\text{Condensate Water Gal Per Min} = 5 \text{ Gal Per Min}$$

AHU beroperasi bagi tempoh 8 jam, kadar kuantiti air tersisa/condensate yang terhasil adalah seperti berikut:-

$$\text{Condensate Water Gal Per Hour} = 5.00 \text{ Gal Per Min} \times 60 \text{ Min} = 300 \text{ Gal Per Hour}$$

$$\text{Condensate Water Gal Per 8 Hour} = 300 \text{ Gal Per Hour} \times 8 \text{ Hour} = 2,400 \text{ Gal (9,085 liter)}$$

PENGHARGAAN

Setinggi penghargaan kepada semua pihak yang terlibat dalam menjayakan pembangunan rekabentuk sistem dan garis panduan rekabentuk sistem ACWH.

PENAUNG

- | | | |
|----|-----------------------|---|
| 1. | Ir. Razdwan bin Kasim | Timbalan Ketua Pengarah Kerja Raya
(Sektor Pakar), JKR |
|----|-----------------------|---|

PENASIHAT

- | | | |
|----|-----------------------------------|---|
| 1. | Dato' Ir. Hj. Habbali bin Ibrahim | Pengarah Kanan, Cawangan
Kejuruteraan Mekanikal, IPJKR
Malaysia |
| 2. | Ir. Hj. Zulkifli bin Abdul Rashad | Pengarah Pakar
Cawangan Kejuruteraan Mekanikal,
IPJKR |
| 3. | Ir. Mamat Rohizan bin Abdullah | Mantan Pengarah Rekabentuk
Cawangan Kejuruteraan Mekanikal,
IPJKR |

PASUKAN REKABENTUK

- | | | |
|----|---|---|
| 1. | Ir. Hj. Zailani bin Nagin | Cawangan Kejuruteraan Mekanikal,
IPJKR |
| 2. | En. Azrul Nizam bin Adenan | Cawangan Kejuruteraan Mekanikal,
IPJKR |
| 3. | En. Addy Shahelmy bin Abdul Salam | Cawangan Kejuruteraan Mekanikal,
IPJKR |
| 4. | Ir. Mohamed Fathul Hakimi bin Mohamed Hanan | Cawangan Kejuruteraan Mekanikal,
IPJKR |
| 5. | En. Mohd Affendy bin Sukarseh | Cawangan Kejuruteraan Mekanikal,
IPJKR |

PASUKAN PROJEK

- | | | |
|----|---------------------------------|---|
| 1. | Ir. Ahmad Rizaiddin bin Ibrahim | Cawangan Kejuruteraan Mekanikal,
JKR Negeri Melaka |
| 2. | Ir. Mohd Azmi bin Asif | Cawangan Kejuruteraan Mekanikal,
JKR Negeri Perak |
| 3. | Ir. Vijayan A/L Kangaya | Cawangan Kejuruteraan Mekanikal,
JKR Negeri Perak |
| 4. | Pn. Nor Halizawati binti Zamani | Cawangan Kejuruteraan Mekanikal
JKR Negeri Perak |
| 5. | Ir. Mohd Mushrif Abd Razak | Cawangan Kejuruteraan Mekanikal,
JKR Negeri Melaka |
| 6. | En. Shamsul Rohaizad bin Saad | Cawangan Kejuruteraan Mekanikal
JKR Negeri Perak |
| 7. | En. Mohd Adha bin Ismail | Cawangan Kejuruteraan Mekanikal,
JKR Negeri Melaka |

MUKA SURAT INI SENGAJA DIBIARKAN KOSONG