



PANDUAN PENGURUSAN KUALITI AIR PERTANIAN





PANDUAN PENGURUSAN
KUALITI AIR
PERTANIAN



BK 203/11.20/300

ISBN 978-983-047-268-3

Cetakan Pertama 2020

Edisi Pertama

**© Hak cipta Jabatan Pertanian Malaysia,
Kementerian Pertanian dan Industri Asas Tani**

Hak cipta terpelihara. Tidak dibenarkan mengeluarkan mana-mana bahagian, artikel, ilustrasi dan isi kandungan buku ini dalam apa jua bentuk dan dengan apa jua cara pun sama ada secara elektronik, fotokopi, mekanik, rakaman atau cara lain sebelum mendapat izin bertulis daripada Ketua Pengarah Pertanian, Jabatan Pertanian Malaysia.

Manuskrip terbitan ini disediakan oleh Bahagian Pengurusan Sumber Tanah

Perpustakaan Negara Malaysia

Data Pengkatalogan-dalam-Penerbitan

PANDUAN PENGURUSAN KUALITI AIR PERTANIAN / Disediakan oleh:

Bahagian Pengurusan Sumber Tanah, Seksyen Pemuliharaan Tanah & Agroekosistem
Jabatan Pertanian Malaysia.

ISBN 978-983-047-268-3

1. Water-supply, Agricultural--Quality.
 2. Water quality.
 3. Water quality management.
 4. Government publications--Malaysia.
- I. Malaysia. Jabatan Pertanian. Bahagian Pengurusan Sumber Tanah.
Seksyen Pemuliharaan Tanah & Agroekosistem.
628.1

Diterbitkan oleh: Jabatan Pertanian Malaysia, Aras 7-17, Wisma Tani,
No.30 Persiaran Perdana, Presint 4, 62624 Putrajaya

Tel: 603 - 8870 3042

Faks: 603 - 8888 5069

Laman Web: <http://www.doa.gov.my>

KANDUNGAN

SENARAI JADUAL	vi
SENARAI GAMBAR	vi
SENARAI RAJAH	viii
PRAKATA	ix
PENGHARGAAN	x
1. PENGENALAN	1
1.1 Skop	2
1.2 Objektif	2
2. SUMBER AIR	2
2.1 Air permukaan (Surface water)	3
2.2 Air tanah (Ground water)	4
2.3 Kegunaan sumber air	4
2.4 Pencemaran air	5
2.4.1 Punca tetap (Point source)	5
2.4.2 Punca tidak tetap (Non-point source)	6
3. PROSEDUR PENSAMPELAN AIR	7
3.1 Pengambil sampel	7
3.2 Peralatan pensampelan air	8
3.3 Prosedur pensampelan air	9
3.3.1 Sebelum pensampelan	9
3.3.2 Semasa pensampelan	9
a. Pensampelan air permukaan	10
i. Kaedah pensampelan secara <i>Grab Sample</i>	10
ii. Kaedah pensampelan secara <i>Composite Sample</i>	10
b. Pensampelan air tanah	14
3.4 Ujian <i>on site</i>	15

3.5 Pengurusan sampel air.....	16
3.6 Prosedur kerja selamat aktiviti pensampelan air.....	19
3.6.1 Sebelum aktiviti pensampelan dijalankan	19
3.6.2 Semasa aktiviti pensampelan dijalankan	20
3.6.3 Selepas aktiviti pensampelan dijalankan	21
4. PANDUAN KUALITI AIR PERTANIAN	21
4.1 Panduan kualiti air pertanian Jabatan Pertanian Malaysia.....	21
4.2 Interpretasi analisis air pertanian	23
4.2.1 Nilai pH	23
4.2.2 Kemasinan air.....	23
4.2.3 Logam berat	26
5. KAEDAH PERAWATAN AIR	27
5.1 Rawatan pH air.....	27
5.1.1 Natrium karbonat (Sodium carbonate).....	27
5.2 Rawatan kemasinan air.....	28
5.2.1 Kaedah larut resap (Leaching).....	29
5.2.2 Kaedah campuran air kepada sumber bekalan air.....	29
5.2.3 Menukar sumber bekalan air.....	29
5.2.4 Menggunakan tanaman yang lebih rintang kepada kemasinan.....	29
5.2.5 Pembinaan benteng.....	31
5.3 Rawatan keracunan logam berat	32
5.3.1 Kaedah pengudaraan.....	32
a. Pemercikan air ke udara.....	32
b. Mengalirkan air dengan tangga bertingkat	33
c. Mengaduk air dengan menggunakan kipas atau kincir air.....	34
5.3.2 Sistem tapisan	35
a. Karbon teraktif.....	35
b. Habuk kayu	36
5.3.3 Fitopemulihan (Phytoremediation)	37
5.4 Masalah lain berkaitan kualiti air pertanian	39
5.4.1 Keliatan air (Water hardness).....	40
5.4.2 Kekeruhan (Turbidity).....	42

6. PENUTUP	45
7. RUJUKAN	46
8. LAMPIRAN	49
Lampiran 1: Carta alir aktiviti pensampelan air pertanian.....	49
Lampiran 2: Prosedur pembersihan telaga	50
Lampiran 2.1: Contoh pengiraan isipadu air untuk pembersihan telaga	51
Lampiran 3: Borang penghantaran sampel air bagi tujuan analisis logam berat, kekonduksian elektrik (EC) dan <i>total dissolved solid</i> (TDS).....	52
Lampiran 4: Borang penghantaran sampel air bagi tujuan analisis racun perosak	53
Lampiran 5: Jawatankuasa kerja penyediaan buku panduan pengurusan kualiti air pertanian	54
GLOSARI	59

SENARAI JADUAL

Jadual 2.1 Sumber air di Malaysia	3
Jadual 3.1 Jenis bekas, pengawetan dan tempoh penyimpanan sampel.....	18
Jadual 4.1 Panduan kualiti air pertanian Jabatan Pertanian Malaysia	22
Jadual 5.1 Kadar pencampuran natrium karbonat dan air bagi mendapatkan kadar kepekatan yang dikehendaki (%).....	28
Jadual 5.2 Potensi hasil pelbagai jenis tanaman mengikut kadar kemasinan air.....	30
Jadual 5.3 Kelas keliatan air.....	40

SENARAI GAMBAR

Gambar 2.1 Pelbagai sumber air permukaan	3
Gambar 2.2 Pelbagai sumber air tanah	4
Gambar 2.3 Punca pencemaran tetap.....	6
Gambar 2.4 Hakisan tanah antara punca pencemaran tidak tetap	7
Gambar 3.1 Peralatan pensampelan air	8
Gambar 3.2 Pengambil sampel mengarahkan mulut botol sampel menghadap arus aliran air sungai	11
Gambar 3.3 Pengambilan sampel air menggunakan <i>long rod water sampler</i>	12

Gambar 3.4 <i>Depth sampler</i> diturunkan secara berhati-hati ke dalam air dengan hujung penutupnya terbuka.....	12
Gambar 3.5 Bacaan pH dan EC air yang diambil di Taman Kekal Pengeluaran Makanan (TKPM) Pulau Gadong, Melaka.....	16
Gambar 4.1 Kedudukan sawah padi yang terlalu dekat dengan sumber air masin.....	25
Gambar 4.2 Tanaman padi kekeringan akibat tsunami di Pulau Langkawi pada 2005.....	26
Gambar 4.3 Tanaman padi rebah dan mati berpunca daripada kemasinan yang sangat tinggi akibat penyusupan air laut susulan bencana tsunami.....	26
Gambar 5.1 Sistem penapisan ferum menggunakan habuk kayu di MARDI Bachok, Kelantan	37
Gambar 5.2 Tanaman akuatik yang sesuai digunakan sebagai rawatan fitopemulihan.....	38
Gambar 5.3 Rumput vetiver ditanam secara terapung di dalam kolam	39
Gambar 5.4 Paip air tersumbat akibat pemendakan kalsium karbonat	41
Gambar 5.5 Alum atau tawas dalam bentuk ketulan.....	43
Gambar 5.6 <i>Mud ball</i> atau bebola lumpur.....	44

SENARAI RAJAH

Rajah 3.1 Keadaan penutup <i>Depth Sampler</i> yang terbuka dan tertutup.....	14
Rajah 4.1 Persamaan kadar kemasinan air dalam pelbagai unit	24
Rajah 4.2 Kemasukan air masin ke telaga tiub melalui air tanah.....	25
Rajah 5.1 Keratan melintang benteng dan terusan.....	32
Rajah 5.2 Kaedah pengudaraan dengan memercik air ke udara bagi menyingkirkan ferum	33
Rajah 5.3 Kaedah pengudaraan dengan mengalirkan air pada tangga bertingkat.....	34
Rajah 5.4 Penggunaan kipas atau kincir air bagi mencampurkan udara ke dalam air.....	35
Rajah 5.5 Sistem penapisan ringkas untuk mengurangkan kandungan logam berat di dalam air menggunakan karbon teraktif.....	36



PRAKATA

السَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ
dan Salam Sejahtera

Buku Panduan Pengurusan Kualiti Air Pertanian disediakan oleh Jabatan Pertanian Malaysia sebagai panduan dan rujukan pelaksanaan perkhidmatan perundingan teknikal pengurusan kualiti air pertanian kepada golongan sasaran khususnya petani. Buku panduan ini merangkumi kaedah pensampelan dan penyediaan sampel air mengikut tatacara yang betul sebelum dihantar ke makmal untuk tujuan analisis, panduan kualiti air yang sesuai bagi pengairan pertanian dan pengesyoran kaedah perawatan air bagi masalah kualiti air pertanian yang kerap berlaku di Semenanjung Malaysia.

Diharap panduan ini dapat diguna pakai oleh semua yang terlibat dalam aktiviti pensampelan dan pengesyoran kualiti air pertanian kepada semua pemegang taruh. Kaedah pensampelan yang mematuhi standard dan asas pengesyoran yang mengambilkira aspek alam sekitar mampu memberi impak positif dalam menjayakan matlamat pengeluaran hasil tanaman yang berkualiti dan selamat dimakan.

Jabatan Pertanian Malaysia merakamkan setinggi penghargaan kepada semua yang telah terlibat dalam usaha penerbitan buku ini. Buku ini sudah pastinya bukan yang sempurna namun kami akan sentiasa menambahbaik dari semasa ke semasa. Justeru, pihak Jabatan Pertanian Malaysia amat mengalu-alukan sebarang cadangan dari semua pihak untuk memantapkan lagi pengurusan kualiti air pertanian di Negara ini. Semoga dengan adanya panduan ini, aktiviti pertanian di bumi bertuah ini dapat dilaksanakan secara lestari.

Sekian, terima kasih.

DATUK MOHD NASIR BIN WARRIS

Ketua Pengarah Pertanian
Jabatan Pertanian Malaysia

PENGHARGAAN

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته
dan Salam Sejahtera



Bahagian Pengurusan Sumber Tanah (BPST) sebagai urus setia Jawatankuasa Pengurusan Kualiti Air Pertanian mewakili Jabatan Pertanian Malaysia (DOA) merakamkan setinggi penghargaan kepada jawatankuasa ini yang terdiri daripada DOA, MARDI, NAHRIM, JAS, KKM, JMG, UKM dan UPM. Saya sebagai pengerusi jawatankuasa juga mengucapkan terima kasih tidak terhingga kepada semua individu yang terlibat secara langsung mahupun tidak langsung dalam penyediaan buku panduan ini. Banyak dugaan ditempuhi dan pengorbanan yang dilakukan oleh semua

yang terlibat khususnya pihak urus setia dan jawatankuasa bagi menerbitkan buku ini terutama dalam tempoh genting ketika Negara dilanda pandemik Covid-19. Beberapa orang ahli tetap jawatankuasa juga telah bersilih ganti atas sebab bersara dan bertukar dalam tempoh penyediaan buku panduan ini. Namun, segala usaha dan sumbangan mereka telah tertulis dan disematkan dalam buku ini. Saya juga mengambil kesempatan untuk merakamkan penghargaan kepada Encik Hishamuddin bin Ahmad, mantan Pengarah BPST kerana telah mencetuskan idea penerbitan buku Panduan Pengurusan Kualiti Air Pertanian ini.

Semoga buku ini memberi manfaat kepada semua dalam usaha berbakti kepada tanah dan memelihara alam sekitar melalui pengeluaran pertanian secara lestari. Saya bagi pihak urus setia dan jawatankuasa dengan hati yang terbuka menerima jika terdapat sebarang pandangan yang membina terhadap buku ini dan boleh dipanjangkan kepada pegawai penghubung yang dilampirkan di akhir buku ini.

Sekian, terima kasih.

KHAZANA BINTI IBRAHIM

Timbalan Pengarah
Bahagian Pengurusan Sumber Tanah
Jabatan Pertanian Malaysia

1. PENGENALAN

Air adalah antara sumber asas yang penting bagi sektor pertanian. Air diperolehi daripada pelbagai sumber dengan kualiti berbeza. Sumber air utama adalah air hujan, air tanah, empangan, sungai, tasik, pengairan dan air terawat. Kualiti sumber air yang digunakan untuk pengairan perlu dikenal pasti supaya rawatan air yang sesuai dapat disyorkan. Air yang berkualiti rendah boleh memberi kesan negatif kepada pertumbuhan tanaman, kerosakan pada sistem dan alatan pengairan serta boleh menimbulkan isu kesihatan kepada pekerja dan pengguna hasil pertanian.

Salah satu perkhidmatan yang disediakan oleh Jabatan Pertanian Malaysia (DOA) adalah perkhidmatan perundingan teknikal (khidmat nasihat) pengurusan kualiti air pertanian kepada petani. Jabatan Pertanian Malaysia berperanan memastikan air untuk kegunaan pertanian adalah daripada sumber yang tidak tercemar dan selamat mengikut panduan yang ditetapkan. Program Pensijilan Amalan Pertanian Baik (myGAP) dan Pensijilan Organik (myOrganic) oleh Jabatan Pertanian Malaysia amat menitikberatkan aspek kualiti air pertanian agar hasil pertanian bebas daripada pencemaran terutamanya logam berat yang boleh memudaratkan kesihatan pengguna.

Jabatan Pertanian Malaysia telah menjalankan pensampelan sumber air di 171 buah ladang atau kebun di Semenanjung Malaysia dan didapati daripada 249 sampel yang dianalisis, terdapat 38 sampel air mengandungi ferum (Fe) yang tinggi, 12 sampel mempunyai bacaan kekonduksian elektrik (EC) yang tidak sesuai dan 9 sampel mempunyai nilai pH yang tidak sesuai untuk pertanian (DOA, 2020). Jabatan Pertanian Malaysia bertanggungjawab membantu petani mengenalpasti permasalahan dan kaedah rawatan yang sesuai serta ekonomik untuk mengatasi isu kualiti air. Memandangkan tiada sebarang panduan khusus yang diguna pakai oleh Jabatan Pertanian Malaysia untuk menjalankan kerja pensampelan dan rawatan kualiti air pertanian, maka satu langkah inisiatif telah diambil dengan menubuhkan Jawatankuasa Kerja Penyediaan Buku Panduan Pengurusan Kualiti Air Pertanian bagi membantu menyediakan input yang berkaitan.

Jawatankuasa ini terdiri daripada pelbagai agensi seperti Institut Penyelidikan dan Kemajuan Pertanian Malaysia (MARDI), Jabatan Alam Sekitar (JAS), Universiti Putra Malaysia (UPM), Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM), Institut Penyelidikan Air Kebangsaan (NAHRIM), Jabatan Mineral dan Geosains Malaysia (JMG) dan Kementerian Kesihatan Malaysia (KKM).

1.1 Skop

Buku panduan ini menerangkan kaedah pensampelan dan penyediaan sampel air yang betul sebelum dihantar ke makmal untuk tujuan analisis, panduan kualiti air yang sesuai bagi pengairan pertanian dan pengesyoran kaedah perawatan air. Buku ini hanya membincangkan parameter analisis pH, kekonduksian elektrik (EC) dan logam berat bagi menangani isu utama masalah kualiti air pertanian yang dihadapi di Semenanjung Malaysia.

1.2 Objektif

Buku panduan ini disediakan bertujuan:

- i. Menetapkan kaedah pengambilan dan penyediaan sampel air yang betul dan seragam.
- ii. Memberi pengesyoran perawatan air pertanian kepada golongan sasaran dan membantu golongan sasaran menjalankan rawatan air.
- iii. Menjadi bahan rujukan kepada pihak berkepentingan khususnya pegawai DOA dalam menjalankan kerja khidmat perundingan teknikal pengurusan kualiti air pertanian dengan cepat dan tepat.

2. SUMBER AIR

Sumber air didefinisikan sebagai sumber air yang boleh diperolehi untuk kegunaan manusia dan alam sekitar yang merangkumi sungai, tasik, air tanah, air laut dan sumber air lain (JAS, 2019). Malaysia dirahmati dengan sumber air apabila menerima purata taburan hujan antara 2,000 mm sehingga 5,000 mm sepanjang tahun. Air hujan akan melalui

proses kitaran air di mana air diserap ke dalam tanah menjadi air tanah atau memasuki kawasan lembangan dan menjadi air permukaan. Ringkasan sumber air di Malaysia adalah seperti di Jadual 2.1 (JPS, 2011).

Jadual 2.1: Sumber air di Malaysia

Jenis	Semenanjung (Setahun)	Sabah (Setahun)	Sarawak (Setahun)	W.P Labuan (Setahun)	Jumlah (Setahun)
Purata hujan tahunan	2,496 mm	2,560 mm	3,640 mm	3,100 mm	2,940 mm
Air hujan	331 bil. m ³	188 bil. m ³	453 bil. m ³	0.28 bil. m ³	972 bil. m ³
Larian permukaan	141 bil. m ³	87 bil. m ³	268 bil. m ³	0.14 bil. m ³	496 bil. m ³
Imbuhan air tanah	19 bil. m ³	14 bil. m ³	30 bil. m ³	0.01 bil. m ³	63 bil. m ³
Sejatan	170 bil. m ³	87 bil. m ³	156 bil. m ³	0.13 bil. m ³	413 bil. m ³

Sumber: JPS, 2011

2.1 Air Permukaan (Surface water)

Air permukaan adalah air yang berada di atas permukaan tanah terdiri daripada air larian permukaan dan jasad air (JMG, 2020) (Gambar 2.1).



Gambar 2.1: Pelbagai sumber air permukaan.

A: Sungai **B:** Tasik

2.2 Air Tanah (Ground water)

Air tanah merupakan sumber air di bawah tanah yang terdapat pada retakan dan ruangan dalam tanah, pasir dan batu (JAS, 2019) dan didefinisikan juga sebagai air yang terdapat dalam tanah dan formasi batuan pada zon tepu di bawah permukaan bumi (JMG, 2020). Contoh sumber air tanah adalah seperti telaga tiub dan mata air (Gambar 2.2).



Gambar 2.2: Pelbagai sumber air tanah.
A: Telaga tiub **B:** Mata air

2.3 Kegunaan Sumber Air



Air juga digunakan dalam akuakultur, eko-pelancongan, aktiviti sosial, perlombongan dan penjanaan tenaga hidroelektrik.

Pengairan pertanian bergantung sepenuhnya kepada sumber air yang berkualiti dan mencukupi. Air yang tidak berkualiti boleh menjejaskan pertumbuhan tanaman, kualiti hasil dan seterusnya menjejaskan kesihatan pengguna. Kualiti air terjejas daripada pelbagai punca pencemaran hasil aktiviti manusia seperti perindustrian, perlombongan dan pembukaan kawasan untuk sebarang aktiviti pembangunan.

2.4 Pencemaran Air

Pencemaran air ialah perubahan yang berlaku kepada sifat fizikal air seperti perubahan kandungan, warna dan sifat kimia air. Perubahan ini disebabkan oleh bahan pencemar dalam pelbagai bentuk seperti pepejal, cecair dan gas berpunca daripada aktiviti manusia seperti pertanian, pembalakan, perindustrian dan sebagainya. Pembukaan kawasan atau pembersihan hutan untuk pelbagai aktiviti pembangunan menyebabkan permukaan tanah terdedah kepada hakisan. Hakisan akan bertambah serius apabila berlakunya hujan lebat. Air hujan yang bercampur dengan permukaan tanah yang terhakis akan dibawa oleh air larian permukaan ke dalam sungai dan tasik. Proses ini akan menyebabkan berlakunya pemendakan di sungai serta tasik dan menyebabkan kualiti air merosot.

Punca pencemaran air terbahagi kepada dua (2):

2.4.1 Punca Tetap (Point source)

Punca pencemaran tetap merujuk kepada pelepasan efluen tunggal yang masuk ke badan air seperti alur air atau sungai melalui limpahan atau sumber paip (JAS, 2018). Contoh punca pelepasan sumber bahan cemar yang dapat dikenalpasti puncanya adalah seperti sisa daripada kilang, loji rawatan kumbahan dan pembuangan sisa dari bengkel kenderaan (Gambar 2.3).



Gambar 2.3: Punca pencemaran tetap.

Sumber: JAS 2018

2.4.2 Punca Tidak Tetap (Non-point source)

Punca pencemaran sumber tidak tetap berpunca daripada air larian permukaan (surface run-off) yang membawa pencemar ke sungai atau laut (JAS, 2018). Sumber pencemaran tidak tetap merupakan bahan cemar yang tidak dapat dikenalpasti sumber pelepasannya. Antara punca pencemaran sumber tidak tetap ialah:

- i. air larian permukaan daripada aktiviti pembukaan kawasan pertanian atau pembalakan (Gambar 2.4).
- ii. sisa baki atau residu baja, racun rumpai dan racun serangga daripada tanah pertanian dan kawasan perumahan
- iii. minyak, gris dan bahan kimia toksik dari air larian bandar
- iv. sedimen daripada tapak pembinaan, kawasan tanaman dan hutan yang tidak diurus dengan betul serta hakisan sungai
- v. garam daripada amalan pengairan dan saliran asid daripada lombong yang terbengkalai

- vi. bakteria dan nutrien dari ternakan, sisa haiwan dan sistem septik yang rosak.



Gambar 2.4: Hakisan tanah antara punca pencemaran tidak tetap

3. PROSEDUR PENSAMPELAN AIR

Prosedur pensampelan air ini diadaptasi daripada pelbagai rujukan dalam dan luar negara yang bersesuaian dan perlu dipatuhi bagi memastikan pencemaran tidak berlaku sebelum sampel sampai ke makmal. Terdapat bacaan parameter yang perlu diambil di lapangan menggunakan kaedah *on site* atau *in situ* seperti pH, EC dan terdapat sebahagian parameter yang perlu dianalisis di makmal. Sampel yang dihantar untuk analisis di makmal perlu diawet menggunakan kaedah yang sesuai bagi mengelakkan biodegradasi dan hidrolisis sebatian kimia berlaku (APHA, 1999).

3.1 Pengambil Sampel

Pengambil sampel untuk analisis kualiti air pertanian perlu dilatih dengan teknik pengambilan sampel yang betul untuk memastikan sampel dapat dianalisis dengan sempurna dan hasil analisis kualiti air dapat dimanfaatkan dengan baik.

3.2 Peralatan Pensampelan Air

Pensampelan air memerlukan peralatan tertentu yang sesuai digunakan mengikut tatacara yang ditetapkan (Gambar 3.1). Kegagalan untuk menggunakan peralatan yang disyorkan boleh menjejaskan bacaan data sama ada yang dijalankan secara *on site*, in situ atau analisis di makmal. Sebagai contoh, penggunaan botol kaca gelap bagi analisis residu racun adalah untuk mengelakkan sampel air mengalami perubahan fizik atau kimia disebabkan cahaya matahari.



Gambar 3.1: Peralatan pensampelan air

3.3 Prosedur Pensampelan Air

3.3.1 Sebelum Pensampelan

- i. Pastikan pengambil sampel memakai sarung tangan bagi mengelakkan berlaku kontaminasi kepada sampel. Sarung tangan yang dipakai mestilah sarung tangan baharu bagi setiap titik pensampelan (sampling point).
- ii. Menyemak keadaan suhu kotak penyejuk, keadaan botol pensampelan dan alatan *on site* seperti meter pH dan meter EC.
- iii. Pekais perlu disediakan untuk menyejukkan kotak pensampelan. Suhu kotak pensampelan perlu dipastikan bermula tempoh selesai pensampelan sehingga sampel sampai ke makmal.
- iv. Pastikan alatan *on site* ditentukur (calibrate) sebelum digunakan.
- v. Botol pensampelan perlu berada dalam keadaan bersih.
- vi. Bilas botol bersama penutup sebanyak tiga (3) kali dengan air yang hendak disampel.
- vii. Pastikan air bilasan tidak dibuang ke dalam kawasan pensampelan.
- viii. Sediakan label pada botol sampel.

3.3.2 Semasa Pensampelan

Setelah sampai di lokasi pensampelan, pengambil sampel perlu mengambil bacaan koordinat lokasi menggunakan alat *Global Positioning System* (GPS).

Pensampelan air boleh dibahagikan kepada dua (2) kategori iaitu:



a) Pensampelan Air Permukaan

Kaedah pensampelan bagi air permukaan seperti sungai, tali air, terusan, parit dan tasik boleh menggunakan kaedah *grab sample* atau *composite sample*.

i. Kaedah Pensampelan Secara *Grab Sample*

- *Grab sample* diambil sekali sahaja pada lokasi atau kedalaman yang telah ditetapkan. Kuantiti air yang diambil adalah sebanyak 1 liter iaitu mencukupi bagi menjalankan analisis kimia dan fizik.
- *Grab sample* sesuai dijalankan di sumber air yang tidak mengalir seperti kolam atau telaga yang tidak mempunyai pam air.

ii. Kaedah Pensampelan Secara *Composite Sample*

- *Composite sample* diambil pada beberapa kedalaman atau lokasi yang berbeza atau beberapa siri masa pada kedalaman atau lokasi yang sama mengikut keperluan atau objektif pensampelan. Sampel yang diambil dicampur menjadi satu sampel komposit.

- *Composite sample* biasanya dilakukan di sumber air seperti sungai. Pensampelan dibuat di beberapa lokasi sepanjang sungai atau diambil pada lokasi yang sama tetapi bagi tempoh setiap 5 jam dalam tempoh 24 jam.

Elakkan daripada mengambil sampel di permukaan air. Pastikan sampel diambil pada kedalaman sekurang kurangnya 0.5 m daripada permukaan air.

Sekiranya sungai, tali air, terusan dan parit adalah cetek (kedalaman <0.5 m) pengambil sampel perlu berdiri menghadap arah aliran air dan mulut botol sampel perlu menghadap ke arah arus (Gambar 3.2). Pastikan botol sampel tidak mencecah dasar bagi mengelakkan gangguan pada dasar dan sedimen mencemari sampel.



Gambar 3.2: Pengambil sampel mengarahkan mulut botol sampel menghadap arus aliran air sungai

Pengambil sampel juga boleh menggunakan *long rod water sampler* dengan berdiri di tepi tebing sungai, tali air, terusan dan parit dengan memastikan mulut botol sampel menghadap ke arah arus (Gambar 3.3).



Gambar 3.3: Pengambilan sampel air menggunakan *long rod water sampler*

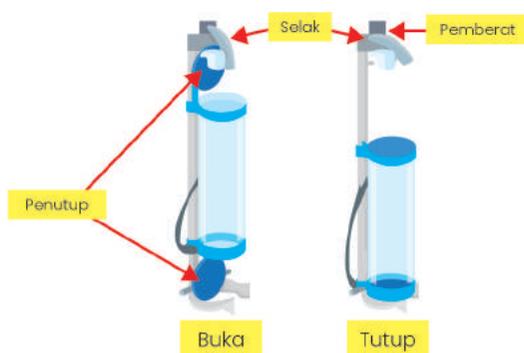
Penggunaan *depth sampler* atau *van dorn sampler* adalah lebih sesuai bagi sungai atau tasik yang lebih dalam dan tidak boleh diakses. *Depth sampler* boleh diturunkan dari atas jambatan atau bot menggunakan tali pada kedalaman yang dikehendaki (Gambar 3.4).



Gambar 3.4: *Depth sampler* diturunkan secara berhati-hati ke dalam badan air dengan hujung penutupnya terbuka

Berikut merupakan kaedah pengambilan sampel air menggunakan *depth sampler*:

- Sebelum *depth sampler* diturunkan ke dalam air, hujung penutupnya perlu dibuka dengan menarik tali elastik dan penutup ke belakang, seterusnya mengunci cangkuk penutup (Rajah 3.1).
- Pastikan injap saliran tertutup dan hujung tali *depth sampler* diikat pada bot atau sampan.
- Pengambil sampel perlu memegang tuas menggunakan tangan kanan dan menurunkan *depth sampler* secara perlahan sehingga pada kedalaman yang dikehendaki dan pastikan bahagian dasar sungai atau kolam tidak terganggu.
- Bilas *depth sampler* menggunakan air yang hendak disampel dengan merendamnya ke dalam air.
- Setelah *depth sampler* berada pada kedalaman yang dikehendaki, penutup *depth sampler* perlu ditutup dengan melepaskan tuas yang dikawal oleh pengambil sampel.
- *Depth sampler* dinaikkan secara perlahan dan sampel air dipindahkan ke bekas sampel yang sesuai. Jumlah air yang mengalir melalui injap saliran dikawal dengan menyelaraskan injap udara.
- Bilas botol pensampelan beberapa kali dengan sampel air yang diambil.
- Akhir sekali, sampel dimasukkan ke dalam botol sampel dan dilabel.



Rajah 3.1: Keadaan penutup *depth sampler* yang terbuka dan tertutup.

Sumber: Batram, J. et. al (1996).

b) Pensampelan Air Tanah

Pensampelan air tanah melibatkan air daripada sumber telaga tiub dan mata air. Biasanya sumber air ini mempunyai sistem pam dan pensampelan boleh dilakukan di punca aliran air keluar.

- i. Sebelum pensampelan dijalankan, telaga tiub perlu dibersihkan terlebih dahulu. Pembersihan ini bertujuan untuk mengeluarkan air tergenang di dalam telaga yang berkemungkinan telah mengalami tindakbalas biokimia dan tidak lagi mewakili ciri-ciri asal air tanah daripada akuifer sebenar. Prosedur pembersihan telaga adalah seperti yang disyorkan oleh JMG (Lampiran 3).
- ii. Secara purata kedalaman telaga tiub di bawah seliaan Jabatan Pertanian Malaysia adalah kurang daripada 100 kaki, pembersihan telaga dicadangkan boleh dibuat dengan mengepam keluar air pada kadar maksimum (menggunkan pam berkapasiti $1\text{m}^3/\text{jam}$). Bagi telaga yang menggunakan paip berdiameter dua (2) inci, jangkamasa mengepam keluar air adalah 11 minit dan 43 minit bagi paip berdiameter empat (4) inci.

- iii. Setelah pembersihan selesai, aliran air perlu dikawal sehingga air mengalir dengan perlahan tanpa percikan dan masukkan air ke dalam botol.
- iv. Bagi sumber air yang tiada pam, pensampelan boleh dibuat menggunakan *long rod water sampler*. Botol sampel diturunkan secara perlahan ke dalam sumber air menggunakan *long rod water sampler*. Sekiranya sumber air terlalu dalam, botol sampel boleh diikat menggunakan tali.
- v. Botol diturunkan secara berhati-hati dengan memastikan botol tidak menyentuh dinding dan permukaan dasar telaga atau mata air untuk mengelakkan sedimen tanah mencemari air yang telah disampel.
- vi. Tiga (3) sampel air diambil dan disatukan menjadikan 1 sampel komposit bagi memastikan sampel yang diambil adalah sekata.



Pembinaan dan penggunaan telaga air tanah hendaklah mendapat khidmat nasihat daripada JMG dan pihak berkuasa air negeri. Ini bagi memastikan pembinaan dan penggunaan telaga air tanah mematuhi peraturan dan prosedur yang ditetapkan serta memenuhi tahap kualiti yang ditentukan.

3.4 Ujian On Site

Bacaan nilai pH dan EC sumber air digalakkan diambil di lapangan sekiranya pengambil sampel mempunyai meter boleh bimbit (portable meter). Nilai pH air perlu diambil dengan kadar segera di lapangan kerana perubahan pada suhu air boleh menyebabkan nilai pH air turut berubah dalam masa yang singkat (APHA, 1999).

- i. Bacaan parameter pH dan EC air perlu diambil segera sebaik sahaja pensampelan dijalankan secara *on site* menggunakan meter boleh bimbit seperti meter EC dan meter pH.
- ii. Pastikan meter EC dan meter pH ditentukur (calibrate) menggunakan larutan penimbal (buffer solution) setiap kali

sebelum digunakan.

- iii. Masukkan meter pH atau EC ke dalam bekas yang mengandungi sampel dan tunggu seketika sehingga bacaan stabil.
- iv. Catatkan bacaan pH atau EC setelah bacaan stabil (Gambar 3.5).



Gambar 3.5: Bacaan pH dan EC air yang diambil di Taman Kekal Pengeluaran Makanan (TKPM) Pulau Gadong, Melaka

3.5 Pengurusan Sampel Air

Sampel air perlu diurus dengan baik bagi memastikan sampel tidak tercemar sebelum sampai ke makmal. Berikut merupakan kaedah pengurusan sampel sebelum dihantar ke makmal:

- i. Sampel yang diambil mesti diisi terus ke dalam botol. Sekiranya perlu diisi dahulu di dalam bekas lain, pastikan bekas tersebut bersih dan disediakan khusus untuk tujuan pensampelan sahaja.
- ii. Botol sampel hendaklah dilabel berserta maklumat lokasi dan tarikh pensampelan.
- iii. Pen mata bulat digunakan bagi mengelakkan tulisan rosak akibat terkena air.
- iv. Sampel perlu diurus mengikut keperluan analisis sebelum

- penghantaran ke makmal. Jenis bekas, isipadu sampel, kaedah pengisian botol sampel dan tempoh pengawetan serta kaedah dan tempoh penyimpanan dinyatakan di dalam Jadual 3.1.
- v. Elakkan sampel air terdedah kepada cahaya matahari secara terus atau diletakkan di tempat berdekatan sumber bersuhu tinggi seperti berdekatan enjin kenderaan.
 - vi. Pengambil sampel perlu melengkapkan borang permohonan analisis sampel air mengikut tujuan seperti di Lampiran 1 atau Lampiran 2.
 - vii. Sampel yang berbau kuat perlu disimpan di dalam bekas khas tertutup dan dibalut beberapa lapis untuk mengelakkan bau. Sekiranya sampel diambil dengan botol biasa, penutup botol perlu ditutup dengan beberapa lapisan *aluminium foil* atau pita pelekat dan dimasukkan di dalam plastik atau bekas kedap udara.
 - viii. Sampel perlu dihantar ke makmal Jabatan Pertanian Malaysia untuk dianalisis dengan kadar segera dari tarikh pensampelan (sebaiknya dalam tempoh 1 hari selepas pensampelan). Bagi sampel air yang tidak dapat dihantar segera, sampel perlu diawet dan disimpan mengikut prosedur yang disarankan seperti di Jadual 3.1.

Jadual 3.1: Jenis bekas, pengawetan dan tempoh penyimpanan sampel

Parameter Analisis	Bekas Sampel	Jumlah Kandungan Sampel (ml)	Kaedah Pengisian Botol Sampel
pH	Botol jenis: <ul style="list-style-type: none"> • Polyethylene (PET) atau • Polytetrafluoroethylene (PTFE) atau • Borosilicate glass (penutup PTFE). 	1000	<ul style="list-style-type: none"> • Isi botol hingga penuh, pastikan tiada ruang udara. • Penghantaran mesti menggunakan pek ais.
• EC ($\mu\text{S/cm}$)	Botol jenis: <ul style="list-style-type: none"> • Polyethylene (PET) atau • Kaca 	1000	<ul style="list-style-type: none"> • Isi botol hingga penuh, pastikan tiada ruang udara. • Penghantaran mesti menggunakan pek ais.
• Total Dissolved Solid (TDS)	Botol jenis: <ul style="list-style-type: none"> • Polyethylene (PET) atau • Polytetrafluoroethylene (PTFE) 	1000	<ul style="list-style-type: none"> • Isi botol hingga penuh, pastikan tiada ruang udara. • Penghantaran mesti menggunakan pek ais.
• Logam Berat (ppm)	Botol jenis: <ul style="list-style-type: none"> • Polyethylene (PET) atau • Polytetrafluoroethylene (PTFE) 	1000	<ul style="list-style-type: none"> • Isi botol hingga penuh, pastikan tiada ruang udara. • Penghantaran mesti menggunakan pek ais.

1. Cadangan pengurusan sampel yang diberi adalah sebagai panduan sahaja. Pemilihan atau jumlah sampel, prosedur pengawetan, tempoh penyimpanan adalah berdasarkan sifat sampel dan tujuan analisis.
2. Prosedur pengawetan merujuk kepada rawatan sampel sebaik sahaja pensampelan dibuat sama ada dalam perjalanan atau semasa sampel tiba di makmal.
3. Tempoh penyimpanan adalah tempoh maksimum yang disaran daripada tarikh pensampelan sehingga analisis sampel dijalankan.
4. Kandungan isipadu sampel adalah berdasarkan kepada keperluan Makmal Jabatan Pertanian Malaysia.

Sumber: 1. Victoria. Environment Protection Authority (2000).

2. APHA (1999).

	Pengawetan	Tempoh Penyimpanan	Kaedah Penyimpanan	Catatan
	Tidak berkenaan	Penentuan bacaan pH di lapangan adalah yang terbaik.	Analisis segera	Digalakkan penentuan di lapangan (ujian on site)
	Tidak berkenaan	28 hari jika disimpan dalam peti sejuk	Disejukkan di bawah suhu 4°C	Digalakkan penentuan di lapangan (ujian on site)
	Tidak berkenaan	7 hari	Disejukkan di bawah suhu 4°C	
	<ul style="list-style-type: none"> Masukkan asid nitrik ke dalam botol (pH <2), asid hidroklorida/nitrik (pH <2) bagi analisis As dan asid hidroklorida (pH <2) bagi analisis Fe 	Sehingga 6 bulan	Disejukkan di bawah suhu 4°C	

3.6 Prosedur Kerja Selamat Aktiviti Pensampelan Air

Pengambil sampel terdedah kepada kemalangan dan pencemaran oleh bahan kimia dan kumbahan semasa menjalankan aktiviti pensampelan air. Oleh itu, pengambil sampel perlu diberi ilmu asas keselamatan air dan pertolongan cemas serta dilatih untuk mengenali dan menangani bahaya atau kemalangan semasa menjalankan tugas.

3.6.1 Sebelum Aktiviti Pensampelan Dijalankan

Sebelum aktiviti pensampelan dilakukan di lapangan, berikut merupakan perkara yang perlu diambil perhatian oleh pengambil sampel:

- i. Pastikan lokasi pensampelan boleh diakses.
- ii. Pastikan tahap kesihatan pengambil sampel berada dalam keadaan baik.
- iii. Pastikan peralatan pertolongan cemas yang dibawa bersama dalam keadaan baik dan lengkap.
- iv. Pakai pakaian yang sesuai seperti baju lengan panjang, sarung tangan getah dan kasut but getah.
- v. Kenalpasti kedudukan klinik atau hospital yang terdekat dengan lokasi pensampelan.
- vi. Hubungi pihak penguatkuasa tempatan untuk mendapatkan kebenaran atau makluman untuk memasuki lokasi pensampelan. Jika perlu, bawa pasukan RELA atau PERHILITAN untuk turut serta semasa sesi pengambilan sampel.
- vii. Hubungi pihak JMG sekiranya melibatkan telaga JMG. Jika perlu, pasukan JMG akan turut serta semasa sesi pengambilan sampel air tanah.

3.6.2 Semasa Aktiviti Pensampelan Dijalankan

Semasa aktiviti pensampelan dilakukan di lapangan, berikut merupakan perkara yang perlu diambil perhatian oleh pengambil sampel:

- i. Pastikan peralatan yang digunakan dalam keadaan baik dan digunakan mengikut tatacara yang betul.
- ii. Pastikan pengambil sampel berada pada kedudukan di kawasan yang rata dan selamat.
- iii. Pastikan tidak makan dan minum ketika sedang mengambil sampel. Merokok adalah dilarang sama sekali.
- iv. Berikan segera rawatan kecemasan sebelum ke hospital.

3.6.3 Selepas Aktiviti Pensampelan Dijalankan

Selepas aktiviti pensampelan dilakukan di lapangan, berikut merupakan perkara yang perlu diambil perhatian oleh pengambil sampel:

- i. Pastikan semua peralatan dibersihkan dan dikeringkan.
- ii. Mandi dan cuci pakaian selepas melakukan aktiviti pensampelan.

4. PANDUAN KUALITI AIR PERTANIAN

Jabatan Pertanian Malaysia berperanan menyediakan khidmat kepakaran teknikal pengurusan kualiti air pertanian kepada petani. Perkhidmatan ini diberi dengan hasrat membantu petani mengenalpasti sumber air yang bersesuaian untuk kegunaan pertanian bagi memastikan pengeluaran tanaman yang optimum.

4.1 Panduan Kualiti Air Pertanian Jabatan Pertanian Malaysia

Panduan Kualiti Air Pertanian Jabatan Pertanian Malaysia dibangunkan hasil adaptasi beberapa parameter dalam dan luar negara mengikut kesesuaian sektor tanaman makanan di Malaysia (Jadual 4.1). Panduan ini sesuai diguna pakai bagi air permukaan dan air tanah.

Jadual 4.1: Panduan Kualiti Air Pertanian Jabatan Pertanian Malaysia

Parameter	Tanaman	Had Toleransi
pH	Semua jenis dan peringkat pertumbuhan tanaman	5.0 – 9.0
Kekonduksian Elektrik (EC)	Semua jenis dan peringkat pertumbuhan tanaman	Sesuai: $\leq 700 \mu\text{S}/\text{cm}$ atau $\leq 0.7 \text{ dS}/\text{m}$ Sederhana sesuai: $700\text{--}3000 \mu\text{S}/\text{cm}$ atau $0.7 - 3 \text{ dS}/\text{m}$ Tidak sesuai: $\geq 3000 \mu\text{S}/\text{cm}$ atau $\geq 3 \text{ dS}/\text{m}$
	Tanaman padi atau sayuran berdaun dan semua jenis tanaman pada peringkat awal pertumbuhan sahaja	$\leq 2000 \mu\text{S}/\text{cm}$ atau $\leq 2 \text{ dS}/\text{m}$
Total Dissolved Solid (TDS)*	Semua jenis dan peringkat pertumbuhan tanaman	$\leq 2000 \text{ mg}/\text{l}$
Merkuri (Hg)	Semua jenis dan peringkat pertumbuhan tanaman	$\leq 0.002 \text{ ppm}$
Plumbum (Pb)	Semua jenis dan peringkat pertumbuhan tanaman	$\leq 5 \text{ ppm}$
Arsenik (As)	Semua jenis dan peringkat pertumbuhan tanaman	$\leq 0.1 \text{ ppm}$
Kadmium (Cd)	Semua jenis dan peringkat pertumbuhan tanaman	$\leq 0.01 \text{ ppm}$
Nikel (Ni)	Semua jenis dan peringkat pertumbuhan tanaman	$\leq 0.2 \text{ ppm}$
Ferum (Fe)	Tanaman sayuran berdaun	$\leq 1 \text{ ppm}$
	Semua jenis dan peringkat pertumbuhan tanaman selain tanaman berdaun	$\leq 5 \text{ ppm}$



1. Parameter yang disenaraikan adalah berdasarkan keperluan Jabatan Pertanian Malaysia. Parameter lain merujuk kepada Standard Kualiti Air Kebangsaan (NWQS), Jabatan Alam Sekitar.
2. Panduan kualiti air dalam Jadual 4.1 mencakupi keadaan umum dalam pengairan pertanian. Sekiranya terdapat keadaan yang ekstrem, kajian atau pemerhatian perlu dilaksanakan bagi mendapatkan kesesuaian had toleransi yang sesuai bagi setiap parameter mengikut kesesuaian setempat.

*Rujuk buku *Water quality for agriculture*, Ayers & Westcot (1985) untuk mendapatkan keterangan lanjut berkaitan TDS bagi pengairan pertanian.

Sumber: Ayers & Westcot (1985), JAS (2005) dan JAS (2019).

4.2 Interpretasi Analisis Air Pertanian

4.2.1 Nilai pH

Nilai pH air digunakan untuk mengukur kekuatan asid dalam air. Nilai neutral bagi air adalah 7.0. Semakin rendah nilai pH tersebut, semakin tinggi aktiviti ion hidrogen (H^+) menyebabkan air semakin berasid (Davis & McCuen, 2005).

Air yang mempunyai kadar keasidan yang tinggi boleh menjejaskan pertumbuhan tanaman, peralatan pertanian dan keberkesanan aplikasi baja dan racun. Nilai pH air yang sesuai untuk aktiviti pertanian adalah di antara 5.0 hingga 9.0. Sebagai contoh, air yang terlalu tinggi nilai pH iaitu air beralkali akan menyebabkan tanah kehilangan sumber kalsium atau magnesium melalui proses pemendakan. Beberapa unsur mikro seperti kuprum dan zink akan kurang tersedia untuk diambil oleh tanaman. Pemendakan kalsium dari air juga boleh menyebabkan peralatan pertanian tersumbat.

4.2.2 Kemasinan Air

Kemasinan air merupakan salah satu faktor yang boleh menjejaskan kualiti sumber air. Kadar kemasinan atau saliniti merupakan pengukuran bagi kandungan garam terlarut dalam

air seperti ion Na, Ca, Mg, Cl dan Sulfat (Dobermann, A. & Fairhurst, T. 2000). Kadar kemasinan air diukur dengan nilai EC dalam unit *microsiemens per cm* ($\mu\text{S}/\text{cm}$). EC ialah penentuan jumlah garam terlarut berdasarkan pengukuran rintangan elektrik di antara dua (2) elektrod (Shainberg dan Oster, 1978). Walau bagaimanapun, terdapat makmal menjalankan analisis kadar kemasinan dengan menggunakan unit *desi siemens per meter* (dS/m). Bacaan unit kadar kemasinan yang diguna pakai adalah seperti di Jadual 4.1.

Rajah 4.1: Persamaan kadar kemasinan air dalam pelbagai unit



1. Untuk mendapatkan kadar kemasinan dalam unit ppm, bacaan EC (unit $\mu\text{S}/\text{cm}$) x 0.55
 2. Bacaan nilai ppm = mg/l.
 3. Bergantung kepada jenis kehadiran garam di dalam air
- Sumber: Government of Australia (2015)

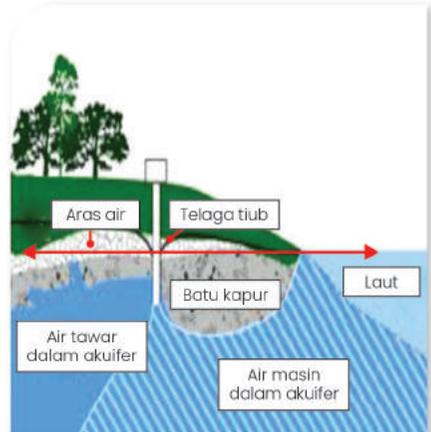
Menurut standard kualiti air bagi tujuan pengairan tanaman secara umum, sekiranya bacaan kemasinan air adalah kurang daripada 0.7 dS/m (sesuai), tahap kemasinannya adalah rendah dan tiada halangan bagi penggunaan di kawasan pertanian (Ayers R.S & Wesscot D.W, 1985). Namun, jika julat kemasinan air adalah 0.7 hingga 3.0 dS/m (sederhana sesuai), ia akan mengganggu pengambilan air oleh tanaman dan sekiranya melebihi 3.0 dS/m (tidak sesuai), tahap gangguan akan menjadi lebih buruk (Jadual 4.1).

Antara punca kemasinan air yang kerap berlaku di Malaysia adalah disebabkan oleh kemasukan air laut ke kawasan berdekatan pantai akibat peningkatan paras laut atau ban pecah (Gambar 4.1). Selain itu, peningkatan kemasinan air tanah juga berlaku di kawasan pertanian berdekatan pantai. Kemasukan air masin ke

dalam kawasan air tawar berlaku dengan cara pengaliran terus iaitu semasa air pasang dan penyusupan ke akuifer jika tekanan air masin dan air tawar tidak seimbang akibat daripada aktiviti mengepam keluar air tanah yang berlebihan (Mohd Kamil Yusoff & Abd Malek Yunus 1987). Lazimnya air daripada telaga tiub yang dibina di kawasan berhampiran persisiran pantai dikesan dikesan mempunyai tahap kemasinan yang tinggi (Rajah 4.2).



Gambar 4.1: Kedudukan sawah padi yang terlalu dekat dengan sumber air masin



Rajah 4.2: Kemasukan air masin ke telaga tiub melalui air tanah

Sumber air dengan tahap kemasinan yang tinggi boleh menjejaskan pertumbuhan tanaman dan pengeluaran hasil. Garam yang larut dalam sumber air akan berkumpul di sekitar akar tanaman dan menyebabkan larutan di luar sel akar lebih pekat daripada larutan di dalam sel akar. Semakin tinggi EC, semakin kurang ketersediaan air untuk tanaman walaupun tanah kelihatan basah akibat proses osmosis. Apabila penyerapan air oleh tanaman berkurangan, tanaman akan menunjukkan simptom seakan kesan kemarau seperti layu, kekeringan dan seterusnya mati (Gambar 4.2 dan 4.3).



Gambar 4.2: Tanaman padi kekeringan akibat tsunami di Pulau Langkawi pada 2005



Gambar 4.3: Tanaman padi rebah dan mati berpunca daripada kemasinan yang sangat tinggi akibat penyusupan air laut susulan bencana tsunami

Kesan kemasinan lebih ketara pada peringkat awal pertumbuhan tanaman kerana tanaman yang lebih muda rentan kepada kemasinan berbanding tanaman yang telah matang. Bacaan EC yang sesuai untuk semua jenis tanaman dan peringkat pertumbuhan adalah ≤ 0.7 dS/m (Jadual 4.1)

4.2.3 Logam Berat

Logam berat adalah bahan pencemar berbahaya dan bertoksik kepada alam sekitar. Bahan cemar logam berat yang paling biasa ialah Arsenik (As), Kadmium (Cd), Kromium (Cr), Kuprum (Cu), Merkuri (Hg), Plumbum (Pb), dan Zink (Zn). Walau bagaimanapun tanaman memerlukan Zn, Cu Mn dan Fe dalam jumlah yang sedikit sebagai mikronutrien. Kepekatan logam berat yang tinggi akan menyebabkan berlaku keracunan terhadap tanaman. Logam berat seperti Cu, Zn, Mn dan Fe diserap masuk melalui akar dan terkumpul bukan sahaja di dalam tanaman malah dalam badan manusia dan boleh menyebabkan pelbagai masalah kesihatan bagi tempoh jangka masa panjang.

Kandungan Fe yang tinggi sering dijumpai di dalam air tanah yang digunakan sebagai sumber air pertanian. Kejadian ini kemungkinan berpunca daripada larut resap (leaching) mineral seperti pirit (FeS_2) yang biasanya terdapat pada batuan metasedimen (metasedimentary rock) (Hall et al. 1987).

5. KAEDAH PERAWATAN AIR

Buku panduan ini membincangkan secara ringkas masalah kualiti air yang sering dihadapi oleh petani di Semenanjung Malaysia dan kaedah perawatan yang sesuai serta ekonomik untuk mengatasinya.

5.1 Rawatan pH Air

Nilai pH air yang melebihi had toleransi boleh diperbaiki dengan menambah larutan bersifat asid atau alkali pada air. Bahan ini boleh disuntik ke dalam paip atau ditambah terus ke tangki atau takungan air. Penggunaan bahan bersifat asid (contoh: asid sulfurik) akan merendahkan pH air manakala bahan bersifat alkali seperti natrium karbonat (sodium carbonate), natrium hidroksida (sodium hydroxide) dan kapur akan meningkatkan pH air.

Di Malaysia, kebanyakan petani menggunakan *ground magnesium limestone* (GML), kalsium karbonat (CaCO_3), kalsium hidroksida dan *hydrated lime* kerana ia mudah didapati. Walau bagaimanapun, penggunaan natrium karbonat adalah lebih sesuai kerana ia tidak menyebabkan masalah kepada keliatan air berbanding kapur. Penggunaan kapur akan menyebabkan peningkatan keliatan air serta berlaku pemendakan dan seterusnya mengakibatkan sistem pengairan tersumbat.

5.1.1 Natrium Karbonat (Sodium carbonate)

Rawatan yang disyorkan adalah dengan menambah atau menyuntik larutan natrium karbonat pada sumber air bagi meningkatkan pH air ke paras yang optimum. Jadual 5.1 menunjukkan kaedah mencampur serbuk natrium karbonat

bersama air bagi mendapatkan larutan natrium karbonat pada kadar kepekatan (%) yang diperlukan. Penambahan larutan natrium karbonat ke dalam tangki atau takungan air dimulakan pada kadar kepekatan paling rendah dan pH air perlu dipantau selepas larutan natrium karbonat ditambah. Sekiranya pH air masih rendah, disarankan untuk menambah larutan dengan kadar kepekatan (%) yang lebih tinggi sehingga mencapai nilai pH air yang dikehendaki.

Jadual 5.1: Kadar pencampuran natrium karbonat dan air bagi mendapatkan kepekatan yang dikehendaki (%)

Air (L)	Kadar Kepekatan Larutan Natrium Karbonat (Na_2CO_3) (%)					
	5%	7.50%	10%	15%	20%	25%
Natrium Karbonat (kg)						
25	1.32	2.04	2.77	4.40	6.26	8.30
50	2.63	4.04	5.53	8.80	12.47	16.65
75	3.95	6.08	8.30	13.20	18.73	24.95
100	5.26	8.07	11.07	17.60	24.95	33.25
125	6.58	10.12	13.88	22.00	31.21	41.59
150	7.89	12.16	16.65	26.40	37.42	49.90
175	9.21	14.15	19.41	30.80	43.68	58.20

Sumber: Smith, D. (2009)

5.2 Rawatan Kemasinan Air

Rawatan kemasinan air bertujuan untuk memastikan sumber air berada pada tahap yang sesuai untuk diserap oleh tanaman agar tidak menjejaskan pengeluaran hasil. Antara kaedah rawatan yang disyorkan adalah kaedah larut resap, campuran air kepada sumber bekalan air, menukar sumber bekalan air, menggunakan tanaman rintang kemasinan dan pembinaan benteng.

5.2.1 Kaedah Larut Resap (Leaching)

Kaedah larut resap merupakan kaedah utama bagi proses mengurangkan kemasinan tanah, di mana garam terlarut terkumpul di dalam tanah berpunca daripada sumber air masin dengan menunjukkan bacaan EC yang tinggi. Apabila garam terlarut terkumpul di dalam tanah secara berlebihan, kandungan garam tersebut boleh dilarut resap dengan menyalurkan air dengan kadar yang lebih banyak daripada keperluan sebenar tanaman terutamanya pada peringkat awal pertumbuhan tanaman.

5.2.2 Kaedah Campuran Air Kepada Sumber Bekalan Air

Kaedah ini jarang digunakan melainkan terdapat sumber air yang lebih berkualiti berdekatan ladang. Kaedah mencampurkan sumber bekalan air berkemasinan tinggi dengan bekalan air yang sesuai tidak akan mengurangkan kandungan garam di dalam air tersebut tetapi mencairkannya menjadi lebih rendah dan berada pada paras yang sesuai untuk diambil oleh tanaman. Antara air yang boleh digunakan adalah air hujan yang dituai.

5.2.3 Menukar Sumber Bekalan Air

Menukar sumber bekalan air adalah tindakan drastik bagi mengatasi masalah kualiti air namun merupakan penyelesaian yang paling mudah. Keadaan ini hanya boleh berlaku sekiranya terdapat sumber bekalan air yang lebih berkualiti. Sebagai contoh, air tanah yang tinggi kadar kemasinan biasanya tidak digunakan jika terdapat bekalan air tersedia yang lebih berkualiti seperti air hujan yang dituai.

5.2.4 Menggunakan Tanaman yang Lebih Rintang Kepada Kemasinan

Setiap tanaman memberikan tindak balas yang berbeza kepada kadar kemasinan yang berbeza terhadap pengeluaran hasil (Jadual 5.2). Pemilihan jenis tanaman yang sesuai bergantung kepada kerintangan tanaman terhadap kadar kemasinan air.

Jadual 5.2: Potensi hasil pelbagai jenis tanaman mengikut kadar kemasinan air

Tanaman Ladang	Potensi Hasil				
	100%	90%	75%	50%	0%
	EC _w ² (dS/m)				
Kacang tanah (<i>Arachis hypogaea</i>)	2.1	2.4	2.7	3.3	4.4
Padi (<i>Oriza sativa</i>)	2	2.6	3.4	4.8	7.6
Tebu (<i>Saccharum officinarum</i>)	1.1	2.3	4	6.8	12
Jagung (<i>Zea mays</i>)	1.1	1.7	2.5	3.9	6.7
Kacang parang (<i>Vicia faba</i>)	1.1	1.8	2	4.5	8
Kacang (<i>Phseolus vulgaris</i>)	0.7	1	1.5	2.4	4.2
Sayur- Sayuran	100%	90%	75%	50%	0%
	EC _w ² (dS/m)				
Brokoli (<i>Brassica oleracea botrytis</i>)	1.9	2.6	3.7	5.5	9.1
Tomato (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	1.7	2.3	3.4	5	8.4
Timun (<i>Cucumis sativus</i>)	1.7	2.2	2.9	4.2	6.8
Bayam (<i>Spinacia oleracea</i>)	1.3	2.2	3.5	5.7	10
Saderi (<i>Apium graveolens</i>)	1.2	2.3	3.9	6.6	12
Kobis (<i>Brassica oleracea capitata</i>)	1.2	1.9	2.9	4.6	8.1
Kentang (<i>Solanum tuberosum</i>)	1.1	1.7	2.5	3.9	6.7
Jagung manis (<i>Zea mays</i>)	1.1	1.7	2.5	3.9	6.7
Keledek (<i>Impomoea batatas</i>)	1	1.6	2.5	4	7.1
Lada (<i>Capsicum annum</i>)	1	1.5	2.2	3.4	5.8
Lobak (<i>Raphanus sativus</i>)	0.8	1.3	2.1	3.4	5.9
Bawang besar (<i>Allium cepa</i>)	0.8	1.2	1.8	2.9	5

Jadual 5.2: Sambungan

Sayur- Sayuran	100%	90%	75%	50%	0%
	EC _w ² (dS/m)				
Lobak merah (<i>Daucus carota</i>)	0.7	1.1	1.9	3	5.4
Kacang (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	0.7	1	1.5	2.4	4.2
Lobak (<i>Brassica rapa</i>)	0.6	1.3	2.5	4.3	8
Tanaman Makanan Ternakan	100%	90%	75%	50%	0%
	EC _w ² (dS/m)				
Rumput bermuda (<i>Cynodon dactylon</i>)	4.6	5.6	7.2	9.8	15
Jagung (makanan ternakan) (<i>Zea mays</i>)	1.2	2.1	3.5	5.7	10
Buah-buahan	100%	90%	75%	50%	0%
	EC _w ² (dS/m)				
Anggur (<i>Vitus sp.</i>)	1	1.7	2.7	4.5	7.9
Strawberi (<i>Fragaria sp.</i>)	0.7	0.9	1.2	1.7	2.7

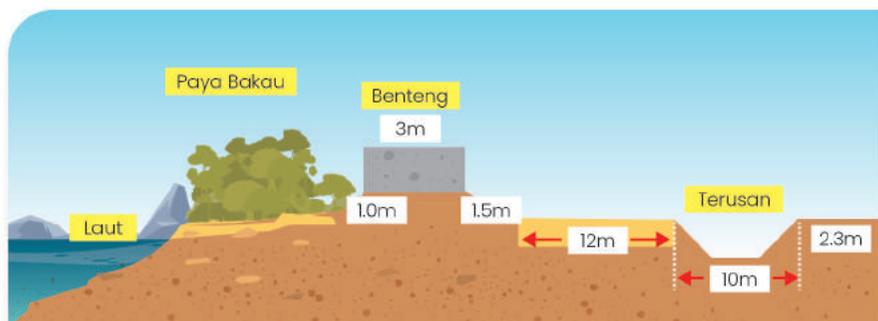


EC_w² = Kekonduksian elektrik bagi air pengairan

Sumber: Adaptasi daripada Maas dan Hoffman (1977) dan Maas (1984)

5.2.5 Pembinaan Benteng

Benteng dapat menghalang kemasukan air masin daripada laut ke kawasan air tawar melalui aliran permukaan (Mohd Kamil Yusoff & Abd Malek Yunus 1987). Pembinaan benteng juga dapat mengurangkan kepekatan garam terlarut pada sumber air tawar berdekatan dengan laut. Benteng dibina daripada tanah liat yang digali untuk membuat terusan seperti di Rajah 5.1.



Rajah 5.1: Keratan melintang benteng dan terusan

Sumber: Mohd Kamil Yusoff & Abd Malek Yunus, 1987.

5.3 Rawatan Keracunan Logam Berat

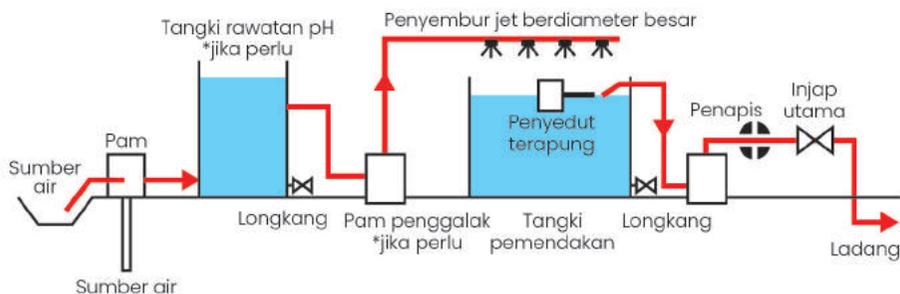
Rawatan logam berat bertujuan untuk mengurangkan kandungan logam berat di dalam air ke paras yang sesuai dan selamat diambil oleh tanaman. Berikut merupakan beberapa kaedah rawatan yang disyorkan seperti kaedah pengudaraan, sistem tapisan dan fitopemulihan:

5.3.1 Kaedah Pengudaraan

Kaedah pengudaraan adalah satu kaedah yang sesuai dan mudah dilakukan untuk menyingkirkan Fe di dalam air. Pemendakan Fe akan berlaku apabila air bercampur dengan udara, Fe terlarut akan teroksida dan membentuk pepejal ferum oksida yang akan termendak di dasar tangki atau kolam. Kaedah pengudaraan dilakukan dengan mencampurkan air dan udara melalui langkah berikut:

a) Pemercikan Air ke Udara

Rajah 5.2 menunjukkan susun atur peralatan dan kaedah bagi merawat kandungan ferum yang tinggi pada sumber air pertanian. Air daripada tasik atau sungai disedut masuk ke tangki rawatan bagi meningkatkan pH air.



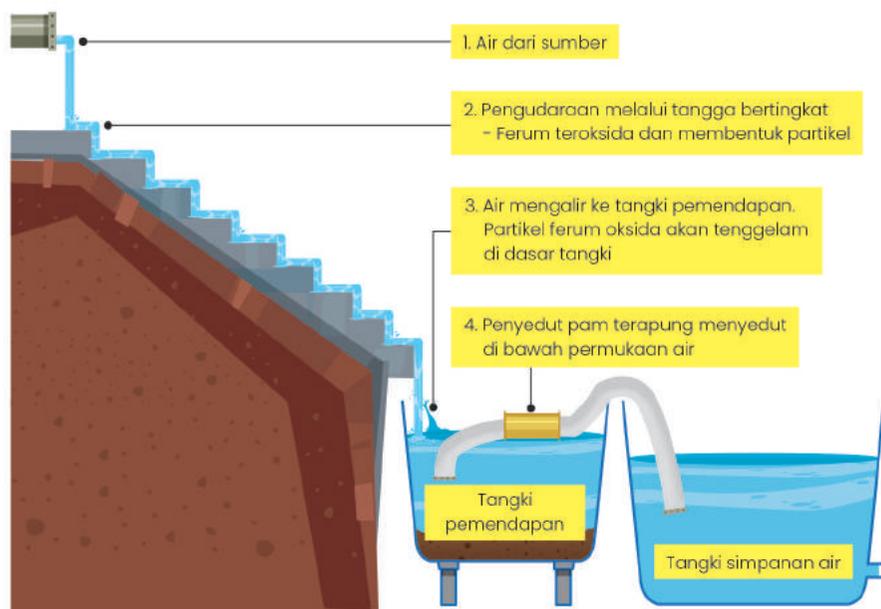
Rajah 5.2: Kaedah pengudaraan dengan memercik air ke udara bagi menyingkirkan ferum

Natrium karbonat (sodium carbonate) boleh ditambah ke dalam sumber air untuk meningkatkan nilai pH berasid kepada pH 7.0 hingga 7.5 seperti di Jadual 5.1 kerana pemendakan lebih mudah berlaku apabila pH air menghampiri nilai neutral. Bacaan pH air perlu sentiasa dipantau sebaik sahaja natrium bikarbonat (sodium carbonate) dicampur sehingga mendapat bacaan pH yang dikehendaki.

Air yang telah dirawat kemudiannya dipercik ke udara menggunakan pam penggalak (booster) dan seterusnya masuk ke dalam tangki pemendakan. Ferum teroksida akan mendap di dasar tangki dan air yang telah dirawat akan dipam untuk disalur ke ladang.

b) Mengalirkan Air dengan Tangga Bertingkat

Sumber air daripada tasik atau empangan disedut dan dialirkan pada tangga bertingkat bagi membolehkan pencampuran udara berlaku dan ferum oksida termendak di dasar tangki pemendakan. Pam dilengkapi dengan penyedut terapung dipasang pada tangki pemendakan dengan memastikan kedudukan penyedut berada pada ukuran 30 cm bawah paras permukaan untuk menyedut air bagi kegunaan ladang (Rajah 5.3).



Rajah 5.3: Kaedah pengudaraan dengan mengalirkan air pada tangga bertingkat

c) Mengaduk Air dengan Menggunakan Kipas atau Kincir Air

Kipas atau kincir air boleh dipasang di permukaan tasik atau empangan dengan tujuan mengaduk udara ke dalam air bagi membolehkan pencampuran udara dan air berlaku secara berterusan (Rajah 5.4).



Gambar 5.4: Penggunaan kipas atau kincir air bagi mencampurkan udara ke dalam air

5.3.2 Sistem Tapisan

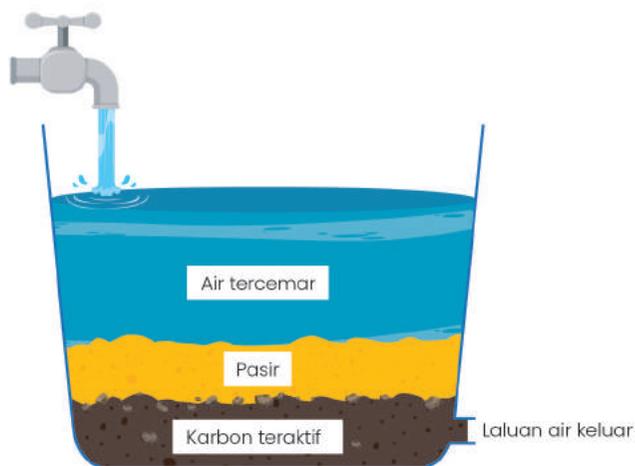
Logam berat di dalam air juga boleh dikurangkan dengan menyediakan sistem tapisan menggunakan bahan seperti karbon teraktif dan habuk kayu.

a) Karbon Teraktif

Penggunaan karbon teraktif atau dikenali sebagai arang teraktif (activated charcoal) atau biochar juga dapat membantu mengurangkan kandungan logam berat di dalam air. Karbon teraktif berfungsi sebagai agen penjerap yang menjerap zarah dalam air tercemar melalui daya tarikan *Van der Waals*. Zarah-zarah ini akan terlekat pada permukaan karbon, diserap masuk dan terperangkap dalam liang-liang karbon tersebut (Reynolds dan Richard 1996).

Banyak kajian berkaitan penjerapan logam berat oleh biochar telah dijalankan di dalam dan luar negara dan didapati kaedah ini membantu mengatasi masalah pencemaran logam berat dalam air (Rao et al. 2009; Uchimiya et al. 2010). Bahan asas karbon teraktif terdiri daripada kayu, lignit, tanah gambut, tempurung kelapa dan sekam padi.

Kaedah ini lebih menjimatkan dan mudah diguna pakai oleh petani. Petani boleh menyediakan sendiri satu sistem penapisan yang ringkas dengan menggunakan tangki penapisan berdasarkan pasir dan karbon teraktif (Rajah 5.5). Air yang keluar daripada tangki tersebut boleh diguna terus ke ladang.



Rajah 5.5: Sistem penapisan ringkas untuk mengurangkan kandungan logam berat di dalam air menggunakan karbon teraktif

b) Habuk Kayu

Sistem penapisan ferum menggunakan habuk kayu telah dibangunkan oleh MARDI dan diguna pakai secara meluas untuk tanaman tembakau di kawasan tanah BRIS di Kelantan (Gambar 5.1). Kajian MARDI di Bachok, Kelantan mendapati penggunaan habuk kayu adalah efektif sebagai penapis kandungan ferum (Mohd. Zahari et al. 1984).

Sistem ini terdiri daripada struktur besi empat (4) tingkat di mana bekas penapis bahagian atas merupakan bekas berlubang dan setiap penapis besi di tingkat dua (2) hingga ke bawah di isi dengan habuk kayu.

Air daripada bawah tanah dipam ke dalam bekas paling atas dan dibiarkan menitis turun melalui tiga (3) lapisan habuk kayu dan dibiarkan berkumpul di dalam takungan yang lebih besar sebelum dipam ke ladang.



Gambar 5.1: Sistem penapisan ferum menggunakan habuk kayu di MARDI Bachok, Kelantan

5.3.3 Fitopemulihan (Phytoremediation)

Fitopemulihan merupakan salah satu kaedah rawatan biologi yang selamat, mudah dan murah bagi mengatasi masalah pencemaran logam berat dalam air. Kaedah ini menggunakan tanaman akuatik yang mampu hidup dalam air dan boleh terapung seperti keladi bunting (water hyacinth), kiambang (water lettuce), *duckweed* (Lemnoideae) dan kangkung liar (*Ipomoea aquatica*) (Guan, 2017) (Gambar 5.2).



Gambar 5.2: Tanaman akuatik yang sesuai digunakan sebagai fitopemulihan.
A: Kangkung liar **B:** Keladi bunting **C:** Kiambang **D:** Duckweed

Tanaman akuatik bertindak mengambil logam berat dengan cara penjerapan (adsorption), pengumpulan (accumulation), penyerapan (absorption) dan translokasi serta disimpan dalam bahagian tanaman seperti akar, batang dan daun.

Selain tanaman akuatik, rumput vetiver juga telah dibuktikan sebagai suatu teknologi yang ekonomi, kos rendah dan mesra alam dalam penerokaan rawatan badan air yang tercemar seperti sungai dan laluan air (Ashton 2016; Danh et al. 2009; Truong 2000). Rumput vetiver ditanam secara terapung menggunakan

kaedah *pontoon* atau *vetiver raft* di dalam kolam sebagai penjerap logam berat (Gambar 5.3).



Gambar 5.3: Rumput vetiver ditanam secara terapung di dalam kolam
Sumber: Truong (2010)

5.4 Masalah Lain Berkaitan Kualiti Air Pertanian

Selain daripada isu kualiti air yang telah dibincangkan, masalah seperti keliatan dan kekeruhan air juga boleh mengganggu prestasi pertumbuhan dan menjejaskan pengeluaran hasil tanaman. Walau bagaimanapun, masalah ini jarang berlaku di Malaysia. Namun di dalam buku ini, beberapa pengesyoran rawatan secara umum disediakan sebagai rujukan.

5.4.1 Keliatan Air (Water hardness)

Keliatan air merupakan indikator kandungan garam terlarut di dalam air, terutama jumlah kalsium dan magnesium terlarut. Selain itu, kation seperti ferum, mangan, aluminium dan zink juga menyumbang kepada keliatan air. Keliatan air ditentukan dengan penentuan kandungan kalsium karbonat (CaCO_3) dan dikelaskan seperti Jadual 5.3.

Jadual 5.3: Kelas Keliatan Air



Sumber: Yiasoumi, B. Evans, L. & Rogers, L. (2011)

i) Kesan Keliatan Air Kepada Tanah, Tanaman, Sistem Paip Pengairan dan Alatan Ladang

Sumber air pertanian biasanya diperolehi daripada air larian permukaan yang berkumpul di sungai, tasik dan empangan serta air tanah. Sumber air ini terdedah kepada mineral atau garam yang datang daripada pelbagai punca seperti pembajaan di ladang berdekatan dan mineral tersedia dalam tanah. Perkara ini boleh mendatangkan kesan negatif kepada tanah, tanaman, sistem paip untuk pengairan dan alatan ladang seperti butiran berikut:

- **Tanah**

Air tinggi keliatan yang digunakan di ladang akan hilang ke udara melalui proses penyejatan dan sebahagiannya diambil oleh tanaman. Sisa baki garam terlarut akan tertinggal di dalam tanah dan meningkatkan kemasinan tanah. Tanah akan menjadi keras dan mengganggu proses pengambilan air dan nutrien di zon pengakaran.

- **Tanaman**

Akibat daripada tanah menjadi masin, tanaman tidak dapat mengambil air dan nutrien. Tanaman akan mula menunjukkan simptom kekurangan nutrien dan air dengan menjadi kering seterusnya mati.

- **Sistem Paip Pengairan dan Alatan Ladang**

Garam kalsium boleh membentuk kerak atau pepejal kalsium karbonat yang boleh menyebabkan paip air dan peralatan pengairan tersumbat serta mengganggu kelancaran pengurusan ladang (Gambar 5.3).



Gambar 5.4: Paip air tersumbat akibat pemendakan kalsium karbonat

ii) Rawatan Keliatan Air

Keliatan air boleh dirawat melalui proses pelembutan (softening) dengan kaedah pertukaran ion, agen pelembutan air dan proses osmosis berbalik. Walau bagaimanapun kaedah proses pelembutan air memerlukan sistem dan kos yang tinggi dan tidak sesuai disyorkan kepada petani.

Kaedah yang sama bagi rawatan air masin (Perkara 5.2) dan kaedah rawatan pemendakan serta penapisan logam berat menggunakan karbon teraktif dan habuk kayu (Perkara 5.3) boleh disyorkan kepada petani untuk mengatasi masalah keliatan air. Melalui kaedah ini kandungan garam terlarut seperti ferum dan zink dapat dikurangkan pada air yang mempunyai keliatan yang tinggi.

5.4.2 Kekeruhan (Turbidity)

Kekeruhan adalah ukuran yang menjadi petunjuk pada kuantiti jumlah partikel terampai (Total Suspended Solid - TSS) di dalam air. Semakin tinggi bacaan TSS, semakin tinggi kekeruhan. Punca utama kekeruhan adalah disebabkan oleh adanya partikel lempung (clay), kelodak (silt), bahan organik halus dan organisma mikroskopik terutamanya alga. Air yang tinggi kekeruhan boleh menyebabkan sistem pengairan tersumbat. Bahan organik terampai juga boleh menjadi perumah kepada mikroorganisma yang membawa penyakit kepada tanaman.

i) Rawatan Kekeruhan Air

• Alum atau tawas

Rawatan yang disyorkan dan biasa dilakukan adalah dengan menggunakan bahan seperti alum atau tawas yang membantu partikel terampai menggumpal menjadi partikel lebih besar dan mendap ke bawah (Gambar 5.5). Proses ini akan menghasilkan air yang lebih jernih.



Gambar 5.5: Alum atau tawas dalam bentuk ketulan

Ferric chloride juga adalah agen penggumpalan (flocculant) yang berkesan terutamanya bagi perawatan air minuman. Rawatan menggunakan tawas atau alum lebih sesuai kepada telaga tiub atau kolam takungan. Alum sebanyak 100 g dimasukkan ke dalam air bagi setiap 200 liter air. Sekiranya tiada perubahan, alum boleh ditambah sehingga air menjadi jernih. Alum bertindak balas mengentalkan lumpur dalam air dan menjadikannya lebih mudah disingkirkan.

• **Bebola lumpur (Mud ball)**

Bebola lumpur merupakan bebola lumpur campuran tanah liat, bahan organik yang dicampur dengan larutan mikroorganisma berfaedah (Effective Microorganism - EM) termasuk bakteria asid laktik, yis dan bakteria fototrofik (Gambar 5.6). Penggunaan bebola lumpur melalui proses rantaian makanan oleh EM mampu membantu meningkatkan kualiti pembersihan air dalam tempoh tertentu. Bebola lumpur banyak digunakan di kolam ikan, tasik dan sungai di luar dan dalam negara. Kaedah ini juga lebih murah dan mudah diaplikasi oleh petani.

Kajian oleh Universiti Teknologi Malaysia bersama Majlis Bandaraya Johor Bahru (MBJB) di Sungai Sebulung, Kampung Melayu Majidee pada tahun 2005 di bawah program *Local Agenda 21* Plan mendapati kualiti air Sungai Sebulung telah meningkat dari Kelas IV kepada kelas III berdasarkan Standard Kualiti Air Kebangsaan, JAS (Wahid W & Azman, S. 2016). Berdasarkan kajian tersebut, pensampelan air dibuat sebanyak tiga (3) kali iaitu sebelum aplikasi bebola lumpur, seminggu selepas aplikasi dan sebulan selepas aplikasi.



Gambar 5.6: *Mud ball* atau bebola lumpur

6. PENUTUP

Bimbingan teknikal yang disyorkan di dalam Buku Panduan Pengurusan Kualiti Air Pertanian ini adalah hasil perbincangan dan keputusan bersama Jawatankuasa Kumpulan Kerja Penyediaan Buku Panduan Pengurusan Kualiti Air Pertanian. Jawatankuasa ini dianggotai oleh kumpulan pakar yang berpengalaman luas dalam bidang pemuliharaan air, pengurusan pertanian dan alam sekitar daripada pelbagai jabatan atau agensi dan universiti berkaitan. Panduan ini bukan sahaja diharap dapat membantu petani malah boleh dijadikan rujukan oleh pegawai Jabatan Pertanian Malaysia khususnya yang berkhidmat di daerah dan sebagai agen pengembangan tanaman (APT) serta seluruh masyarakat umumnya.

7. RUJUKAN

A.Mohd Azlan & S. Sarimah 2002. *Impak Pembangunan Terhadap Kualiti Air di Hilir Sungai Kerian, Perak*. Kertas Kerja Seminar kebangsaan Sains, Teknologi & Sains Sosial. Kuantan, 27 & 28 Mei, 2002.

Ang, K. H. 2015. *Kualiti Sumber Air di Malaysia: Satu Analisis*. Malaysia: Universiti Putra Malaysia.

APHA. 1999. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Ed. ke-20. Washington: American Public Health Association.

Ashton, Lim Suelee. 2016. *Phytoremediation potential of vetiver grass (vetiveria zizanioides) for water contaminated with selected heavy metal*. *Water Air and Soil Pollution*, 228(4):158.

Ayers R.S. and Westcot D.W. 1985. *Water Quality for Agriculture*. *FAO Irrigation and Drainage Paper 29*, FAO, Rome. 97 p.

Bartram, J. Ballance, R, WHO & UNEP | 1996. *Water Quality Monitoring: A Practical Guide to The Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programs / Edited by Jamie Bartram and Richard Ballance*. London: E & FN Spon.

Danh, LT., Truong, P., Mammucari, R., Tran, T., & Foster, N. (2009). *Vetiver Grass, Vetiveria Zizanioides: A choice plant for phytoremediation of heavy metals and organic wastes*. *Int. J. of Phytoremediation*, 11, 664-691. doi: 10.1080/15226510902787302.

Davis, A.P. & McCuen, R.H. 2005. *Stormwater Management for Smart Growth*. *Stormwater Management for Smart Growth*. 1-368. 10.1007/0-387-27593-2.

DOA, 2020. *Laporan analisis sampel air dari ladang pertanian di Semenanjung Malaysia*. Malaysia: Jabatan Pertanian Malaysia.

Dobermann, A. & Fairhurst, T. 2000. *Rice: Nutrient Disorders & Nutrient Management*. Handbook series. Potash & Phosphate Institute (PPI), Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC) and International Rice Research Institute. 191 p.

DOE, 2019. *National Water Quality for Malaysia*. Diacapai pada 17 September 2019 daripada <https://www.doe.gov.my/portal/v1/wp-content/uploads/2019/05/Standard-Kualiti-Air-Kebangsaan.pdf>

Government of Australia 2015. *Fact Sheet August 2015: Measuring salinity*. Government of South Australia: Landscape South Australia Murrayland and Riverlands. Diacapai pada 17 Jun 2020, daripada <https://landscape.sa.gov.au/mr/publications/measuring-salinity>.

Guan, Billy Teck Huat. 2017 *Effect of manganese and cadmium on biological attributes of wild water spinach (Ipomoea aquatica Forssk.)*. Doctoral thesis, Universiti Putra Malaysia.

JAS, 2018. *Pengenalan Kepada Beban Pencemaran*. Malaysia: Bahagian Air dan Marin, Jabatan Alam Sekitar.

JAS, 2019. *Standard dan Indeks Kualiti Air Tanah Malaysia Edisi 2019*. Malaysia: Jabatan Alam Sekitar.

JAS, 2019. *Pengawasan Air Tanah*. Malaysia: Jabatan Alam Sekitar.

JAS, 2020. *Review of the National Water Quality Standards for Malaysia 2020*. Malaysia: Jabatan Alam Sekitar.

JMG, 2016. *Garis Panduan Pengukuran Paras Air Tanah Dan Persampelan*. Malaysia: Jabatan Mineral dan Geosains.

JMG, 2020. *Garis Panduan Pembinaan Telaga Tiub Untuk Tujuan Eksplorasi, Pemantauan dan Pengeluaran Dalam Penggunaan Sumber Air Bawah Tanah*. Malaysia: Jabatan Mineral dan Geosains.

JPS, 2018. *Kompendium Data dan Maklumat Asas JPS*. Malaysia: Jabatan Pengairan dan Saliran.

MDAR, 2010. *Green House Best Management Practices (BMPs) Manual: Water quality for crop production*. Massachusetts Department of Agricultural Resources, University of Massachusetts.

Mohd Kamil Yusoff & Abd Malek Yunus, 1987. *Pertaburan Saliniti Air Permukaan dan Pengkonduksian elektrik Ekstrak Air-Tanah di Kawasan Pinggir Laut*. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science* (Volume 10, No. 2, August 1987, Pages 225 to 231)

Mohd. Zahari Abu Bakar, Abd. Rashid Ahmad, Aminuddtn Yusoff, Abd. Rahim Mohamad & Muhammad Che Husain. *Removal of Iron from the Groundwater in Kandis-Telong Tabacco Growing Area*, MARDI Res. Bull., (1984) 12. 3 (348 355).

Queensland Government, 2009. *Manual collection of surface water samples (including field filtration)*. Environmental Protection (Water) Policy 2009 - Monitoring and Sampling Manual Physical and Chemical Assessment. Version June 2018

Rao, M.M. Reddy, D.H. Venkateswarlu, P. & Seshaiiah K. 2009. *Removal of mercury from aqueous using activated carbon prepared from agricultural by-product/waste*. J Environ Manag 90:634–643

Reynolds, T.D. and Richards, P.A. 1996. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering, 2nd ed.*, PWS Publishing, New York, NY

Shainberg, I. & J.D Oster, 1978. *Quality of Irrigation Water*. ICC Publication; No. 2. Bet Dagan, Israel: International Irrigation Information Center.

Smith, D. 2009. *pH Adjustment*. 2009 Rural Reactions and Remedies Workshop 24–26 Mac 2009. Canada: The Department of Environment, Climate Change and Municipalities

Truong, P.N. (2000, January). The global impact of vetiver grass technology on the environment. In Proceedings of the second international vetiver conference, Thailand. http://vetiver.com/TVN_IVC2/PL-5.PDF

Uchimiya M, Lima IM, Klasson KT, Chang SC, Wartelle LH, Rodger JE. 2010. *Immobilization of heavy metal ions (CuII, CdII, NiII, and PbII) by broiler litter-derived biochars in water and soil*. J Agric Food Chem. 58:5538–5544

Victoria. Environment Protection Authority (2000). *A guide to the sampling and analysis of waters, wastewaters, soils and wastes (7th ed)*. Environment Protection Authority, Southbank, Vic.

Wahid W & Azman, S. 2016 *Improvement of water quality using effective microorganisms*. In: 1st Proceeding of civil engineering. Environmental engineering, hydraulics and hydrology, vol 3, Universiti Teknologi Malaysia, Skudai, Malaysia, p 57

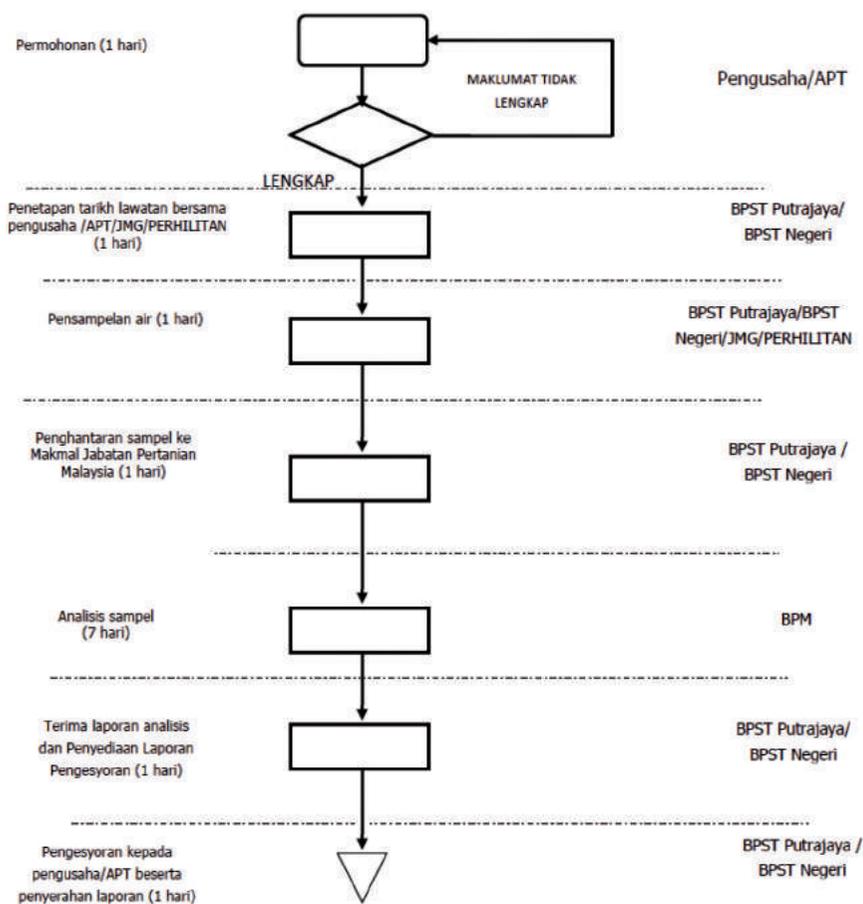
Yiasoumi, B. Evans, L. & Rogers, L. 2011. *Irrigation Water Quality*. New South Wales Department of Primary Industries, 2011.

8. LAMPIRAN

Lampiran 1: Carta alir aktiviti pensampelan air pertanian



CARTA ALIR AKTIVITI PENSAMPELAN AIR PERTANIAN

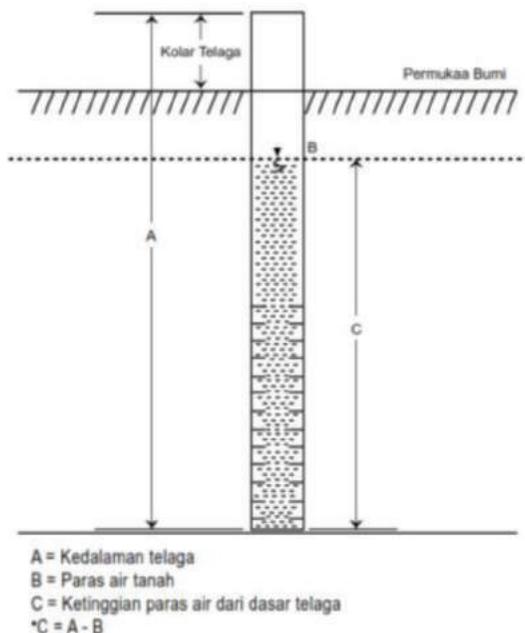


Lampiran 2: Prosedur pembersihan telaga

Prosedur pembersihan telaga adalah seperti berikut:

- i. Kira isipadu air yang perlu dikeluarkan iaitu bersamaan dengan tiga kali isipadu telaga. Contoh pengiraan ditunjukkan di Lampiran 3.1.
- ii. Turunkan pam perlahan-lahan ke dalam telaga sehingga ke takat pengambilan air. Pastikan takat ini berada di atas skrin.
- iii. Mulakan pam dan laraskan supaya air keluar dalam keadaan tunak (steady) dan dialirkan ke dalam suatu bekas yang diketahui isipadunya.
- iv. Ambil bacaan parameter fizikal air tanah iaitu pH, suhu dan konduktiviti apabila 10% daripada isipadu air telah dikeluarkan.
- v. Apabila air yang dikeluarkan telah menghampiri jumlah tiga kali isipadu telaga, perlahan-lahan kadar pengepaman dan ambil bacaan parameter fizikal dengan lebih kerap.
- vi. Berhentikan pam apabila air yang dikeluarkan bersamaan dengan tiga kali isipadu telaga dan jika boleh sehingga bacaan parameter fizikal telah stabil.

Rujukan: Muka surat 8 Garis Panduan Pengukuran Paras Air Tanah dan Persampelan, JMG.GP.16.

Lampiran 2.1: Contoh pengiraan isipadu air untuk pembersihan telaga

Diameter telaga	= 150 mm = 0.15 m
Kedalaman telaga, A	= 85 m
Paras air tanah statik, B	= 3 m
Ketinggian paras air tanah statik dari dasar telaga, C	= A - B, 85 - 3 = 82 m
Isipadu air dalam telaga, V	= $\pi r^2 l$ = $(\pi = 3.14, j = \text{jejari telaga} = 0.075 \text{ m}, l = C = 82 \text{ m})$ = $3.14 \times (0.075 \text{ m})^2 \times 82 \text{ m}$ = 1.448 m ³
Jumlah isipadu air dalam telaga yang perlu dipam keluar	= 3 x isipadu air dalam telaga = 3 x 1.448 m ³ = 4.344 m ³

Rujukan: Muka surat 9 Garis Panduan Pengukuran Paras Air Tanah Dan Persampelan, JMG.GP.16.

Lampiran 3: Borang penghantaran sampel air bagi tujuan analisis logam berat, kekonduksian elektrik (EC) dan total dissolved solid (TDS)

01/2019

BORANG PERMOHONAN ANALISIS AIR



JABATAN PERTANIAN MALAYSIA BAHAGIAN PERKHIDMATAN MAKMAL

Peringatan :

- Sila isikan ruang di bawah dengan lengkap dan jelas.
- Borang ini perlu dilampirkan bersama-sama contoh (sampel) yang dihantar.

Maklumat Sampel

i.	Lokasi	
ii.	Mukim	
iii.	Daerah	
iv.	Negeri	

Tarikh Sampel
Diambil

Senarai Sumber Air Yang Dianalisis di Makmal:

Air kolam, air sungai, air paip, air telaga dan air telaga tiub sahaja

Jenis Aktiviti / Catatan

Pilihan Analisis (tandakan)

Fe	As	Pb	Cd	Ni	Hg	pH	Conductivity	TDS
<input type="checkbox"/>								

Bil.	Kod Sampel	Sumber Air	Kod Makmal

*Tempoh analisis adalah dalam masa 7 hari bekerja dari tarikh sampel diterima

Nama

Email

Alamat

Tandatangan Pemohon

No. Telefon

Tarikh

KEGUNAAN MAKMAL SAHAJA

No. Batch

Tandatangan
Penerima

Tarikh Terima

Nama Penerima

Lampiran 5: Jawatankuasa Kerja Penyediaan Buku Panduan Pengurusan Kualiti Air Pertanian

PENASIHAT: YBhg Datuk Mohd Nasir bin Warris
Ketua Pengarah Pertanian
Jabatan Pertanian Malaysia

PENGERUSI: Pn. Khazana binti Ibrahim
Timbalan Pengarah
Bahagian Pengurusan Sumber Tanah
Jabatan Pertanian Malaysia

**TIMBALAN
PENGERUSI:** Pn. Zakiyyah binti Jasni
Ketua Penolong Pengarah Kanan
Bahagian Pengurusan Sumber Tanah
Jabatan Pertanian Malaysia

SETIAUSAHA: Pn. Masni binti Mohd Marzuki
Ketua Penolong Pengarah
Bahagian Pengurusan Sumber Tanah
Jabatan Pertanian Malaysia

AHLI: Pn. Asnita binti Abu Harirah
Ketua Penolong Pengarah Kanan
Bahagian Pengurusan Sumber Tanah
Jabatan Pertanian Malaysia

Pn. Aila Illiani binti Ayob
Timbalan Pengarah
Bahagian Pembangunan Industri Tanaman
Jabatan Pertanian Malaysia

En. Rivoldiantea bin Basran
Ketua Penolong Pengarah Kanan
Bahagian Pembangunan Industri Tanaman
Jabatan Pertanian Malaysia

En. Jusri bin Yusop
Ketua Penolong Pengarah Kanan
Bahagian Perancangan Strategik
Jabatan Pertanian Malaysia

Pn. Hafizah binti Rais
Ketua Penolong Pengarah Kanan
Kementerian Kesihatan Malaysia

Dr. Wan Mohd Razi bin Idis
Pensyarah
Jabatan Sains Bumi dan Alam Sekitar
Universiti Kebangsaan Malaysia

Dr. Khairiatul Mardiana Jansar
Pensyarah
Jabatan Sains Bumi dan Alam Sekitar
Universiti Kebangsaan Malaysia

Dr. Isharudin bin Md. Isa
Pensyarah
Fakulti Pertanian
Universiti Putra Malaysia

Pn. Norlida binti Mohd Hamim
Pegawai Penyelidik Kanan
Pusat Penyelidikan Sains Tanah, Air dan Baja
Institut Penyelidikan dan Kemajuan Pertanian
Malaysia (MARDI)

En. Mohammad Shahid bin Shahrin
Pegawai Penyelidik Kanan
Pusat Penyelidikan Sains Tanah, Air dan Baja
Institut Penyelidikan dan Kemajuan Pertanian
Malaysia (MARDI)

En. Fazrul Edlin bin Saleh
Ketua Penolong Pengarah
Bahagian Pengurusan Sumber Tanah
Jabatan Pertanian Malaysia

En. Mohd Redzuan bin Ibrahim
Ketua Penolong Pengarah
Bahagian Kawalan Racun Perosak dan Baja
Jabatan Pertanian Malaysia

Pn. Hasnah binti Arbean
Ketua Penolong Pengarah
Bahagian Perancangan Strategik
Jabatan Pertanian Malaysia

En. Syaharudin Md Zain
Ketua Penolong Pengarah
Bahagian Perkhidmatan Makmal
Jabatan Pertanian Malaysia

En. Noor Azme bin Omar
Pegawai Penyelidik Q48
Institut penyelidikan Hidraulik Kebangsaan
Malaysia (NAHRIM)

En. Norzuhairil bin Zubir
Penolong Pengarah Kanan
Jabatan Mineral Dan Geosains Malaysia

En. Amaluzzaman bin Muhammad
Penolong Pengarah Kanan
Bahagian Air dan Marin
Jabatan Alam Sekitar Ibu Pejabat

Pn. Nur Liyana binti Mohamad Napiah
Penolong Pengarah
Bahagian Pengurusan Sumber Tanah
Jabatan Pertanian Malaysia

Cik Rafeah Rabiaturun binti Othman
Penolong Pengarah
Bahagian Pengurusan Sumber Tanah
Jabatan Pertanian Malaysia

Pn. Lalitha Jaya George
Penolong Pengarah
Bahagian Perkhidmatan Makmal
Jabatan Pertanian Malaysia

En. Abdul Rahym bin Abd Rani
Penolong Pengarah
Bahagian Kawalan Racun Perosak dan Baja
Jabatan Pertanian Malaysia

Pn. Noraini binti Mohamad Dzaki
Penolong Pengarah
Kementerian Kesihatan Malaysia

En. Mohd Ibrahim bin Basri
Penolong Pengarah
Bahagian Kejuruteraan Pertanian
Jabatan Pertanian Malaysia

Siti Norizan binti Mat Nawi
Penolong Pengarah
Seksyen Keselamatan Makanan dan Lestari Alam
Sekitar
Jabatan Pertanian Malaysia

En. Tay Lin Hiong
Penolong Pengarah
Bahagian Pengurusan Sumber Tanah
Jabatan Pertanian Malaysia

URUS SETIA : Pn. Nelda Yanty binti Samsir
Penolong Pegawai Pertanian
Bahagian Pengurusan Sumber Tanah
Jabatan Pertanian Malaysia

Pn. Siti Rohani binti Jamaludin
Penolong Pegawai Pertanian
Bahagian Pengurusan Sumber Tanah
Jabatan Pertanian Malaysia

GLOSARI

Accumulation

Proses penyimpanan hasil hakisan dan lelasan air, garam, endapan dan sebagainya di badan air buatan atau semula jadi.

Timbunan; tumpukan; penimbunan; penumpukan; pengumpulan

Agen penggumpulan (Flocculant)

Bahan yang mengaruhkan pengelompokan.

Akuifer

Bahagian bawah tanah yg terdiri daripada kerikil atau batu berliang yg mengandungi air.

Biodegradasi

Proses pereputan atau penguraian bahan organik secara semulajadi oleh mikroorganisma seperti bakteria.

Composite sample

Gabungan dua sampel atau lebih untuk menghasilkan satu sampel bagi mewakili jangka masa tertentu atau kawasan tertentu.

Ditentukur (Calibrate)

Pemastian ketepatan bacaan sesuatu meter dengan membandingkan meter yang digunakan dengan meter yang piawai, atau dengan menggunakan alat pengukuran khas untuk memastikan bacaannya tepat, dan seterusnya pelarasan perlu dilakukan bagi mendapatkan bacaan yang tepat.

Fitopemulihan (Phytoremediation)

Kaedah memulihkan tanah yang mengalami pencemaran bahan toksik dengan menggunakan tumbuhan yang boleh menyerap bahan pencemaran tersebut. Contohnya, kawasan lombong yang dicemari minyak dan logam berat dapat dipulihkan semula dengan membiarkan tumbuhan tertentu tumbuh secara semula jadi dan menyerap sebahagian bahan toksik tersebut. Walau bagaimanapun, proses ini memerlukan masa yang panjang untuk pulih sepenuhnya.

Grab sample

Sampel tunggal bagi air atau udara yang diambil dalam tempoh yang singkat. Sampel ini tidak mewakili kadar jangka panjang pada tapak persampelan.

Had toleransi

Had yang dibenarkan.

Hidrolisis

Tindak balas kimia apabila sebatian bertindak balas dengan air untuk menghasilkan sebatian lain.

Julat

Lingkungan antara dua had yang dinyatakan dengan angka.

Karbon teraktif

Bentuk karbon yang berupaya menyerap gas, wap, atau pepejal koloid dengan banyaknya kerana struktur dalamnya mempunyai banyak liang.

Kekeruhan (Turbidity)

Keadaan atau sifat keruh.

Kekonduksian elektrik (EC)

Ukuran keupayaan sesuatu media seperti air untuk membawa cas elektrik yang mempunyai unit siemen per meter. Dalam pertanian, terutamanya sistem hidroponik, konduktiviti elektrik diukur untuk menentukan tahap kemasinan air atau tanah. Ini kerana tanaman hanya boleh hidup sekiranya konduktiviti elektrik rendah daripada nilai kritikal. Nilai yang sesuai seharusnya rendah daripada 2.0 mS/cm dan sekiranya konduktiviti elektrik melebihi tahap ini, air nutrien itu perlu dicairkan lagi. Ukuran dibuat menggunakan meter konduktiviti elektrik yang menggunakan bateri. Singkatan EC.

Keliatan air

Keadaan air yang mengandungi garam terlarut seperti kalsium dan magnesium.

Larut resap (Leaching)

Proses apabila bahan larut di dalam tanah, seperti ion-ion nutrien, dibawa oleh aliran air hujan. Proses ini biasanya berlaku di kawasan yang hujannya lebat dan tiada lindungan pokok, seperti di hutan yang baharu dibuka.

Pelembutan (Softening)

Penyingkiran sebatian kalsium, magnesium dan ferum terlarut daripada air untuk mengurangkan keliatan air.

Pemendakan

Proses pembentukan bahan pepejal (mendakan) daripada larutan, ampaiian atau koloid (sol).

Pengawetan

Proses atau kerja menjadikan sesuatu bahan awet supaya tahan lama atau tidak mudah rosak.

pH

ukuran tentang keasidan atau kealkalian sesuatu larutan dgn skala antara 0 hingga 14, iaitu pH 7 menunjukkan larutan yg neutral, kurang drpd pH 7 menunjukkan larutan berasid, dan lebih drpd pH 7 menunjukkan larutan beralkali.

Polyethylene (PET)

Resin poliester yang diperbuat daripada etilena glikol dan asid tereftalik tulen yang digunakan untuk menghasilkan plastik pembungkusan seperti botol. PET tidak mempunyai ketahanan terhadap aplikasi suhu yang tinggi (suhu maksimum 93°C).

Polytetrafluoroethylene (PTFE)

Merupakan suatu plastik kuat, tidak mudah terbakar dan lengai secara kimia. Mempunyai ketahanan haba yang sangat baik sehingga melebihi 200°C dan bersifat tahan kimia, tidak larut di dalam pelarut organik, asid dan alkali pekat, kalis api, tahan las, dan berintangian elektrik tinggi. Contoh jenama PTFE ialah Teflon.

Proses osmosis

Proses pelarut tulen dari suatu larutan berkepekatan rendah mengalir ke larutan berkepekatan yang lebih tinggi apabila kedua-dua larutan itu diasingkan oleh suatu membran separuh telap yang menghalang laluan molekul pelarut secara memilih.

Rentan

Mudah diinggapi penyakit.

Rintang

Salah satu fenomena terhindar penyakit, tahan kepada sesuatu penyakit.

Sumber Air

Punca air yang boleh digunakan.

Total Dissolved Solid (TDS)

Pepejal terlarut yang merangkumi karbonat, bikarbonat, klorida, sulfat, fosfat, nitrat, dan berbagai-bagai garam seperti kalsium, magnesium, natrium, kalium, dan bahan-bahan lain.

Translokasi

Pemindahan dari satu bahagian ke bahagian yang lain di dalam jasad yang sama

Ujian On-site

Ujian on-site ialah pengukuran yang dijalankan serta-merta di lapangan menggunakan alat mudah alih seperti spektrofotometer, pengujian parameter fizikal, meter pH dan meter EC. Parameter kimia, biokimia dan mikrobiologi perlu diuji di lokasi telaga dan jika tidak boleh, ujian hendaklah dijalankan di tempat lain yang sesuai.

Ujian In Situ

Ujian in situ ialah pengukuran yang dijalankan secara terus di dalam telaga menggunakan kuar yang boleh dimasukkan ke dalam telaga. Pengukuran selalunya dijalankan pada tiga atau empat kedalaman yang berbeza. Parameter yang diukur adalah seperti pH, konduktiviti, suhu, kekeruhan, keliatan dan jumlah pepejal terlarut.



*Pengurusan Air Berkualiti
Untuk
Pertanian Lestari*



Kampung Pelubang, Jitra, Kedah Darul Aman

Catatan







JABATAN PERTANIAN MALAYSIA

Aras 7-17, Wisma Tani, Blok 4G2,
No.30, Persiaran Perdana, Presint 4,
Pusat Pentadbiran Kerajaan Persekutuan,
62624 Putrajaya, Malaysia.



03-8870 3000

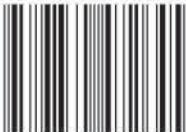


03-8888 9295



www.doa.gov.my

PANDUAN PENGURUSAN
KUALITI AIR PERTANIAN



9 789830 472645