

Penderia Pemantauan Air untuk Kelestarian Kualiti Air dan Kehidupan Akuatik

written by Hazrul | 18/01/2024

Kepentingan Air dalam Kehidupan

"Kami turunkan dari langit air yang amat bersih, agar Kami menghidupkan dengan air itu negeri yang mati, dan agar Kami memberi minum dengan air itu sebahagian besar dari makhluk Kami, binatang-binatang ternak dan manusia yang banyak."

[Surah Al-Furqan 48-49](#)

Air merupakan suatu anugerah Allah kepada kehidupan di bumi, seperti mana yang dirakamkan dalam ayat al-Quran di atas. Permukaan bumi yang didiami ini terdiri daripada kira-kira 71% air dan hanya 29% adalah daratan. Daripada jumlah air tersebut, hanya 3% sahaja yang terdiri daripada air yang segar yang boleh diguna untuk kegunaan asas manusia dan haiwan. Walau demikian, dua pertiga daripadanya masih lagi terbeku sebagai kepingan ais di Antartika dan [glasier](#) yang terdapat di seluruh dunia.



Empangan Kenyir merupakan salah sebuah sumber air Malaysia
(Foto Arkib NSTP)

Keghairahan manusia dalam mengejar pertumbuhan ekonomi dan pembangunan seiring dengan negara-negara maju perlu diseimbangkan dengan pengurusan air yang cekap selaras dengan perkembangan keperluan semasa.

Cabaran negara dalam melestarikan ekosistem berkaitan air juga semakin meruncing. Penurunan kualiti air, kekurangan air yang disebabkan oleh perubahan iklim, kekurangan pelaburan dalam air dan sanitasi serta kerjasama yang tidak mencukupi di perairan rentas sempadan merupakan beberapa contoh cabaran yang dihadapi.

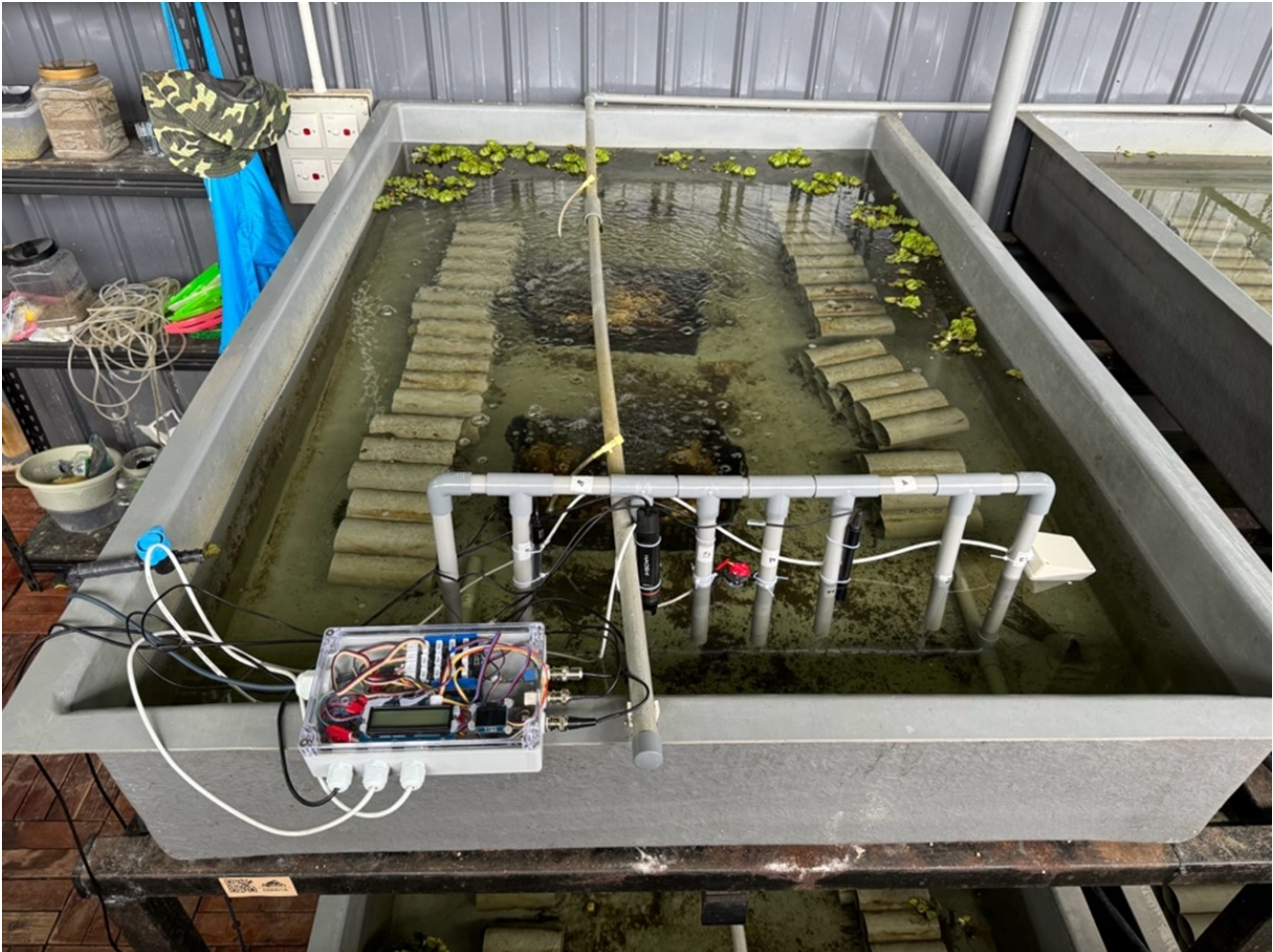
Justeru, kesedaran tentang betapa pentingnya menjaga dan memantau sumber air untuk kehidupan perlu ditingkatkan. Keperluan ini juga tersenarai dalam matlamat [keenam](#) dan [keempat belas](#) di bawah Matlamat Pembangunan Lestari (*Sustainable Development Goals*) yang digariskan oleh Pertubuhan Bangsa-bangsa Bersatu (PBB).

Apa yang Dipantau

Secara umum, kita boleh mengambil sampel air secara berkala pada sesuatu kawasan untuk melihat keadaan fizikal, kimia dan biologi sampel tersebut.

PARAMETER FIZIKAL	PARAMETER KIMIA	PARAMETER BIOLOGI
<ul style="list-style-type: none">• Kekeruhan• Suhu• Warna• Rasa• Bau• Pepejal terlarut dan terampai• Kekonduksian elektrik	<ul style="list-style-type: none">• pH• Keasidan• Kealkalian• Sisa klorin• Ion-ion• Oksigen terlarut• Permintaan oksigen biokimia dan kimia• Bahan-bahan toksik• Bahan radioaktif	<ul style="list-style-type: none">• Kehadiran organisma biologi seperti bakteria, mikroorganisma, virus dan alga

Sumber: Buku Sensor Optik Berasaskan Bahan Penderia Polisakarida Bagi Penentuan Kualiti Air (ISBN 9789672518105)



Contoh pemantauan kualiti air yang dilakukan oleh kumpulan penyelidikan kami di ladang akuakultur udang.

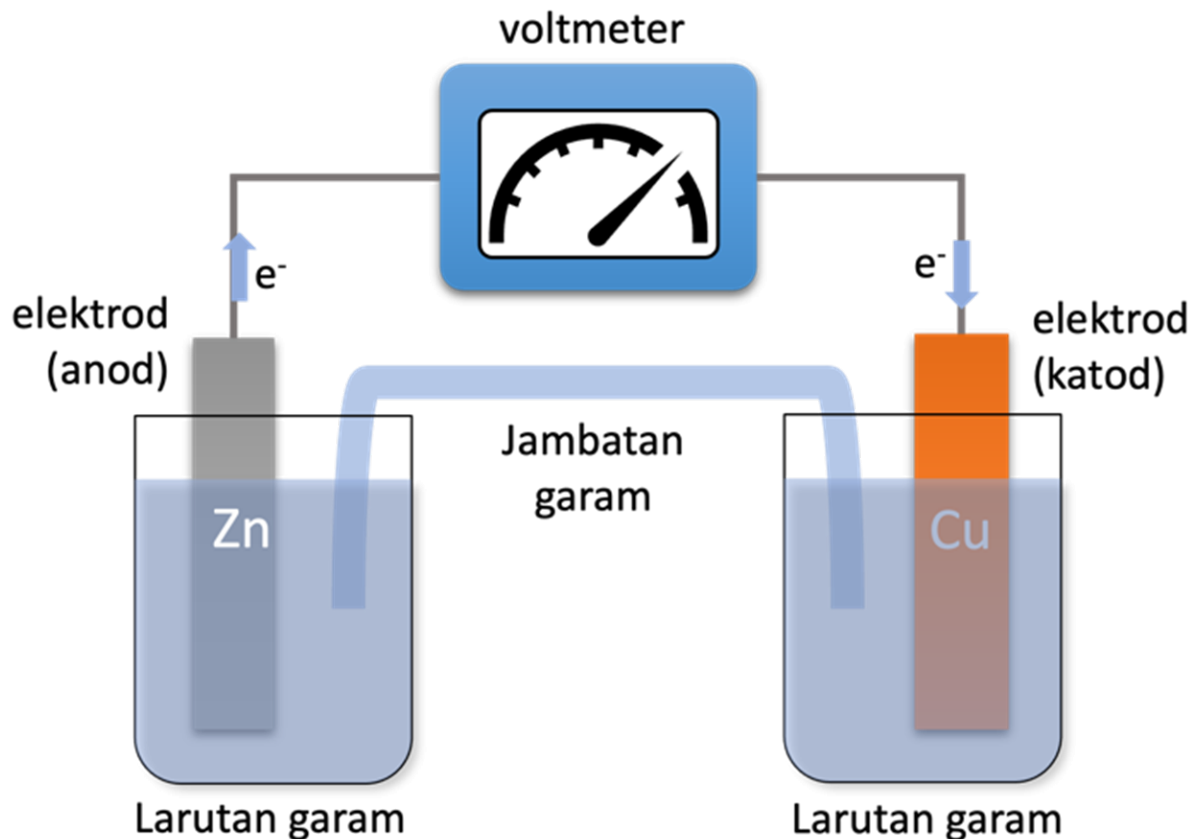
Cara Pemantauan Air

Terdapat banyak teknik digunakan untuk memantau keadaan air, antaranya elektrokimia, spektroskopi dan gentian optik. Teknik-teknik ini dipilih bergantung kepada keadaan, spesifikasi dan keperluan. Secara umumnya, teknik elektrokimia digunakan untuk mengesan unsur kimia melalui tindak balas yang berlaku kerana pergerakan elektron daripada satu unsur kepada satu unsur yang lain. Fenomena ini mampu mengubah tenaga kimia kepada tenaga elektrik atau sebaliknya.

Penderia elektrokimia terdiri daripada tiga komponen utama, iaitu reseptor yang dihubungkan kepada unsur yang dipantau, sampel air, dan elektrod. Elektrod adalah suatu peranti yang digunakan untuk mengubah tindak balas kimia kepada isyarat elektrik. Antara jenis-jenis teknik elektrokimia adalah seperti potensiometri, amperometri, dan voltametri.

Rajah di bawah menunjukkan proses persediaan asas dalam sel elektrokimia. Sel elektrokimia ini mempunyai dua bahagian yang dihubungkan oleh jambatan garam. Jambatan garam membenarkan pemindahan ion balas, manakala pemindahan cas pula berlaku dalam bentuk elektron melalui litar luar.

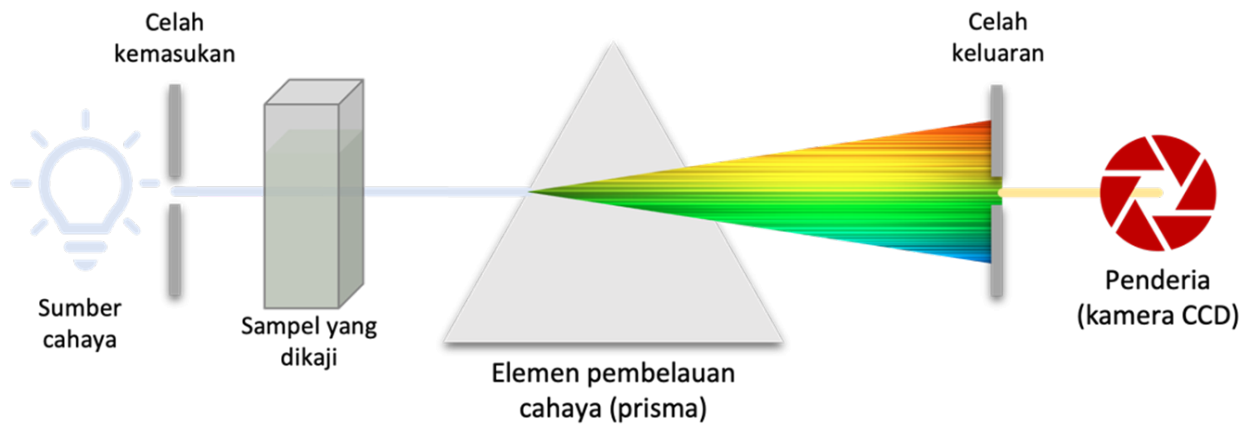
Tenaga kimia ke tenaga elektrik



Proses asas elektrokimia dalam sel elektrokimia.

Kaedah spektroskopi pula mempunyai teknik yang berbeza. Spektroskopi ialah suatu teknik yang mengukur dan menganalisis spektrum elektromagnet yang terhasil daripada interaksi antara sinaran elektromagnet (sumber cahaya) dan jirim (sampel yang dikaji). Analisa spektrum boleh dijalankan sama ada dalam bentuk fungsi panjang gelombang atau frekuensi sinaran.

Rajah di bawah menunjukkan kaedah asas spektrometer yang dijalankan yang terdiri daripada sumber cahaya jalur lebar, celah kemasukan dan keluaran, sampel yang dikaji, elemen pembelauan cahaya (misalnya prisma) dan penerima (misalnya kamera [CCD](#)). Antara kaedah spektroskopi yang sering digunakan untuk memantau air adalah spektroskopi penyerapan atom ([AAS](#)), spektroskopi plasma-jisim berpasangan induktif ([ICP-MS](#)), dan spektroskopi pendarfluor sinar X ([XRF](#)).



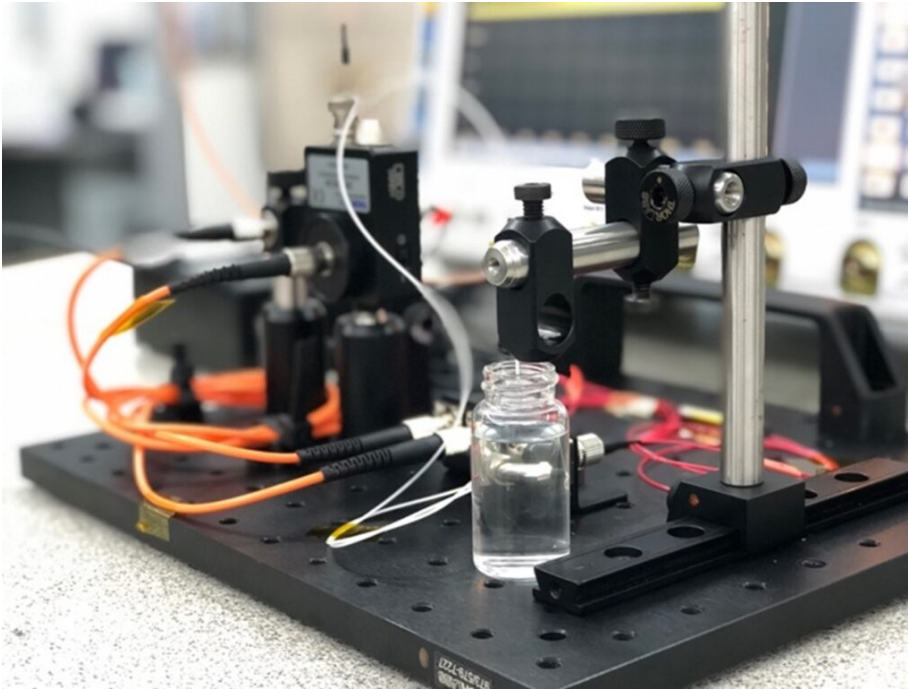
Kaedah asas spektrometer.

Teknik gentian optik ialah suatu jenis teknik pengesanan cahaya yang lebih maju. Gentian optik diperbuat daripada kaca atau plastik (polimer). Bersaiz kecil, ringan, ringkas dan sangat sesuai untuk diadaptasi dengan sistem Internet Benda (*Internet of Things*). Teknik penderia gentian optik sangat fleksibel dan boleh dibangunkan bagi mengukur pelbagai perubahan parameter sama ada tindak balas kimia, tekanan, elektrik, magnetik, suhu, getaran, keamatan cahaya, dan sebagainya. Komponen-komponen yang terlibat dalam membangunkan teknik penderia gentian optik ialah sumber cahaya, transduser, dan pengesan.

Rajah di bawah menunjukkan contoh prob gentian optik. Prob ini diperbuat daripada kaca (silika). Cahaya akan melalui gentian optik setelah dipancarkan daripada sumber cahaya seperti LED atau laser. Hujung gentian optik ini diubahsuai supaya cahaya yang berada di dalam gentian akan terbebas keluar dan bertindak balas dengan sampel yang dikaji. Tindak balas antara cahaya dan sampel ini dianalisis melalui sistem gentian optik penderia dan direkodkan. Sistem penderia secara asasnya mempunyai sumber cahaya, pengesanan cahaya, meter kuasa optik dan gentian optik yang diubahsuai menjadi prob penderia.



(a) Prob gentian optik



(b) Sistem penderia optik

Kelebihan dan Kekurangan

Setiap teknik di atas mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing. Oleh itu, teknik dipilih berdasarkan keperluan dan aplikasi yang sesuai. Sebagai contoh, teknik elektrokimia bersifat ringkas, berkos rendah, dan tidak memerlukan penambahan sampel pra-rawatan seperti penapisan dan pencairan. Teknik ini juga memerlukan masa yang lebih pendek berbanding teknik spektroskopi. Walau bagaimanapun, teknik elektrokimia yang menggunakan elektrod tanpa ubah suai mempunyai kepekaan pengesanan yang rendah berbanding teknik lain seperti spektroskopi.

Teknik spektroskopi pula bersifat versatil, sangat peka dan sesuai digunakan untuk penentuan pelbagai unsur dalam pemantauan kualiti air. Namun begitu, spektrometer adalah sebuah peralatan yang besar dan kos penyelenggaraan alat sangat tinggi. Kekurangan ini mengehadkan penggunaan spektrometer bagi pengukuran di lapangan dan masa nyata.

Teknik penderia gentian optik pula sedikit sebanyak menyerupai teknik spektroskopi kerana menggunakan cahaya sebagai teknik penderiaan. Tambahan lagi, penderia gentian optik ini bersaiz kecil, ringkas dan versatil. Penderia gentian optik juga diperbuat oleh kaca yang membolehkan ia bertahan pada suhu yang tinggi ($>1000^{\circ}\text{C}$) dan bebas dari gangguan elektromagnet. Namun begitu, teknik gentian optik ini memerlukan bahan pengesan yang sesuai untuk memastikan unsur yang hendak dipantau dapat dilakukan dengan jitu dan berkesan.

Melihat kepada trend perkembangan pesat Revolusi Industri 4.0, pemantauan kualiti air secara jarak jauh dan berterusan akan menjadi suatu keperluan yang tidak boleh dikesampingkan lagi. Teknik penderia gentian optik berpotensi untuk diketengahkan sebagai alternatif terbaik berdasarkan ciri-ciri kelebihan yang terdapat pada teknik tersebut.

Profesor Ir Dr Ahmad Ashrif A Bakar merupakan Pengerusi di Jabatan Kejuruteraan Elektrik, Elektronik dan Sistem, Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM). Beliau juga merupakan Felo Bersekutu Utama Institut Islam Hadhari UKM. Bidang kepakaran beliau adalah dalam teknologi fotonik dan sistem penderia optik.

Ts Dr Nur Hidayah Azeman merupakan Pensyarah di Institut Institut Kejuruteraan Mikro dan Nanoelektronik (IMEN). Beliau juga adalah Felo bersekutu Kumpulan Penyelidikan Teknologi Fotonik UKM. Bidang kepakaran beliau adalah dalam bahan penderia dan penderia optik.