



**PEKELILING KETUA PENGARAH PERHUTANAN SEMENANJUNG MALAYSIA
BILANGAN 10 TAHUN 2015**

**PANDUAN PEMANTAUAN KUALITI AIR SUNGAI
DALAM HUTAN SIMPANAN KEKAL DI SEMENANJUNG MALAYSIA**

1. TUJUAN PANDUAN

Panduan ini disediakan bagi membantu Jabatan Perhutanan Negeri dalam menjalankan pemantauan ke atas kualiti air sungai di dalam kawasan Hutan Simpanan Kekal (HSK) di Semenanjung Malaysia.

2. LATAR BELAKANG

- 2.1. Hutan memainkan peranan penting dalam menjamin kestabilan alam sekitar serta pengeluaran pelbagai produk dan perkhidmatan hutan yang memberi manfaat kepada sosioekonomi masyarakat. Selain itu, ianya juga penting dalam menyediakan bekalan air bersih. Peranan hutan sebagai "*regulator*" dengan mengawal kadar aliran air permukaan serta bertindak sebagai "*instrumen*" yang berupaya menapis air hujan bagi memastikan air yang mengalir dari kawasan tadahan adalah jernih dan bersih.
- 2.2. Sehubungan itu, kawasan berhutan khususnya kawasan HSK perlu diurus dengan baik dan sistematik kerana hampir 97% punca bekalan air mentah adalah dari sungai yang mana kebanyakannya berasal dari kawasan hutan semula jadi yang sebahagian besarnya berstatus HSK.

- 2.3. Beberapa tindakan telah diambil oleh Jabatan termasuk mewartakan sebahagian kawasan HSK sebagai kawasan Hutan Tadahan Air selaras dengan keperluan di bawah Subseksyen 10(1), Akta Perhutanan Negara 1984. Kawasan Hutan Tadahan Air ini perlu dilindungi dan tidak seharusnya dibuka untuk aktiviti pengusahaan hutan secara komersial.
- 2.4. Di samping itu, pelbagai syarat dan peraturan turut dikuatkuasakan bagi memastikan pelaksanaan aktiviti pengurusan hutan terutama sekali aktiviti pengusahaan hutan tidak akan membawa impak negatif yang ketara ke atas alam sekeliling terutamanya sumber air. Aktiviti pengusahaan hutan di dalam HSK dipantau dan dikawal secara berkala bagi memastikan aktiviti tersebut mematuhi syarat, peraturan dan panduan yang ditetapkan. Pemantauan tersebut meliputi empat (4) aspek utama iaitu infrastruktur; pembalakan; alam sekitar dan pemeliharaan hutan; serta pengeluaran kayu.
- 2.5. Pemantauan ke atas kualiti air dalam kawasan pengusahaan hutan dilaksanakan di bawah aspek alam sekitar dan pemeliharaan hutan iaitu dengan menggunakan **Borang C: Pemeriksaan Aspek Alam Sekitar dan Pemeliharaan Hutan**.
- 2.6. Semenjak tahun 2009, Jabatan Perhutanan Semenanjung Malaysia (JPSPM) telah menubuhkan beberapa buah stesen pemantauan kualiti air di negeri Pahang, Kedah, Perak, Johor dan Terengganu bagi membantu Jabatan Perhutanan Negeri berkenaan memantau kualiti air sungai yang mengalir keluar dari kawasan HSK. Penubuhan stesen tersebut yang dikenali sebagai Stesen Tetap Hidrologi JPSPM, merupakan projek perintis di bawah Rancangan Malaysia Ke-Sembilan (RMK-9) manakala pemantauan dan penyelenggaraan stesen menggunakan peruntukan RMK-10. Lokasi penubuhan stesen tetap hidrologi JPSPM adalah seperti di **Lampiran 1**.

2.7. Sehubungan itu, panduan ini disediakan sebagai panduan kepada Jabatan Perhutanan Negeri dalam membuat pemantauan ke atas kualiti air sungai dalam kawasan HSK.

3. TUJUAN PEMANTAUAN KUALITI AIR SUNGAI

Tujuan pemantauan adalah bagi menilai status kualiti air sungai di dalam HSK untuk menentukan tahap kualiti dan pencemaran air sungai yang mungkin berlaku perubahan akibat daripada aktiviti perhutanan.

4. KAEDAH PEMANTAUAN KUALITI AIR SUNGAI

Pemantauan kualiti air boleh dibuat atau dinilai melalui tiga (3) kaedah asas iaitu Pemerhatian Fizikal, Penggunaan Petunjuk Biologi dan Penyukatan Parameter Kualiti Air. Walau bagaimanapun, parameter kualiti air dibawah ketiga-tiga kaedah ini perlu diklasifikasikan mengikut empat (4) kumpulan iaitu fizikal, kimia, biologi dan bakteria yang akan menentukan status kualiti air.

4.1. Pemerhatian Fizikal

4.1.1. Kaedah ini merupakan cara pemantauan yang ringkas dan mudah bagi menggambarkan status semasa kualiti air sungai berdasarkan kepada keadaan fizikal air sungai dengan melihat kekeruhan, suhu, kehadiran bendasing, merasa dan menghidu bau air sungai.

4.1.2. Kekeruhan (turbidity) merupakan satu bentuk pengukuran yang menjelaskan mengenai tahap kejernihan air yang biasanya digunakan sebagai indikator kehadiran bahan-bahan organik dan tidak organik di dalam sungai yang mana secara langsung ianya mempunyai perkaitan utama dalam menentukan kualiti air sungai secara fizikal.

4.1.3. Kaedah pemerhatian secara fizikal melibatkan empat (4) langkah utama iaitu:

- i. Melihat kekeruhan air sungai secara menyeluruh dari jarak yang paling dekat sehingga jarak yang mampu dilihat dengan penglihatan dan membuat penilaian mengikut kategori yang disediakan. Kekeruhan air boleh diukur dengan menggunakan alat “turbidity measurement” yang terdapat di pasaran pada masa kini seperti contoh di **Rajah 1**. Penggunaan alat seperti ini amat digalakkan kerana ianya dapat memberikan maklumat yang lebih tepat mengenai tahap kekeruhan air sungai.

Rajah 1: 2100Q Portable Turbidimeter



- ii. Melihat dan mengecam kehadiran bendasing di dalam sungai seperti sisa pokok (kayu balak, dahan, ranting, daun, reba), bahan buangan (tong, tayar, besi buruk, tompokan minyak) atau bendasing lain seperti bangkai binatang dan sebagainya.
- iii. Merasa jasad air dengan menggunakan tangan dan seterusnya mengenal pasti sama ada terdapat rasa berpasir atau rasa licin seperti adanya kehadiran minyak.
- iv. Menghidu bau air sama ada terdapat bau busuk, masam, hanyir dan sebagainya.

- 4.1.4. Setiap pemerhatian hendaklah direkodkan bersama dengan maklumat masa, cuaca dan keadaan persekitaran berdekatan sungai bagi melihat sama ada perubahan kualiti sungai ketika itu berlaku akibat gangguan atau dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti hujan, kejadian tanah runtuh, aktiviti pembangunan atau pengusahaan di bahagian hulu atau di dalam kawasan tadahan sungai yang dipantau.
- 4.1.5. Borang seperti di **Lampiran 2** boleh digunakan bagi tujuan merekod pemerhatian fizikal air.

4.2. Penggunaan Petunjuk Biologi

- 4.2.1. Penggunaan petunjuk biologi dijalankan berdasarkan kehadiran organisma akuatik serta bilangannya yang berada di satu-satu kawasan pemantauan. Kehadiran organisma akuatik seperti ikan, serangga, alga, tumbuhan dan organisma lain boleh digunakan sebagai petunjuk untuk menganggarkan tahap kualiti air sungai.
- 4.2.2. Penggunaan kaedah ini melibatkan pemungutan dan pengecaman beberapa organisma akuatik yang digunakan sebagai spesies indikator dan memberikan markah (score) bagi setiap organisma yang dipungut iaitu berdasarkan kepada nilai yang telah ditetapkan.
- 4.2.3. Organisma akuatik yang boleh memberi petanda kepada kualiti persekitaran air yang didiami dikenali sebagai spesies petunjuk atau indikator. Ini adalah kerana hidupan tersebut memerlukan udara, pH, suhu, cahaya, makanan, habitat yang bersesuaian dan mempunyai had ketahanan tertentu untuk hidup.

- 4.2.4. Beberapa organisma akuatik seperti bakteria, protozoa, alga, makroinvertebrata*, makrofit dan ikan boleh dijadikan spesies indikator bagi menilai tahap kualiti air sungai. Walau bagaimanapun, makroinvertebrata adalah sangat popular digunakan kerana banyak memenuhi ciri-ciri sebagai indikator.
- 4.2.5. Penggunaan kaedah petunjuk biologi yang lebih terperinci boleh merujuk pada **Panduan Penggunaan Makroinvertebrata Untuk Penganggaran Kualiti Air Sungai** yang diterbitkan oleh Jabatan Pengairan dan Saliran Malaysia (JPS).

4.3. Penyukatan Parameter Kualiti Air

- 4.3.1. Kaedah ini melibatkan pengukuran ke atas beberapa parameter kualiti air yang mana ianya bergantung kepada matlamat dan objektif pemantauan. Walau bagaimanapun, bagi tujuan pemantauan air sungai di Malaysia adalah berdasarkan kepada piawaian yang ditetapkan oleh Jabatan Alam Sekitar Malaysia (JAS) yang menggunakan enam (6) parameter yang diintegrasikan menggunakan formula untuk menentukan Indeks Kualiti Air (IKA).
- 4.3.2. Enam (6) parameter yang digunakan bagi menentukan IKA ialah pH, oksigen terlarut (DO), pepejal terampai (SS), permintaan oksigen biokimia (BOD), permintaan oksigen kimia (COD), dan nitrogen ammonia [*Ammoniacal Nitrogen* (AN)]. Formula yang digunakan bagi menentukan IKA adalah seperti berikut:

$$\text{IKA} = (0.22 \times \text{SIDO}) + (0.19 \times \text{SIBOD}) + (0.16 \times \text{SICOD}) + (0.15 \times \text{SIAN}) + (0.16 \times \text{SISS}) + (0.12 \times \text{SIpH})$$

Dimana: SI = Sub Indeks bagi setiap parameter

Pengiraan sub index bagi setiap parameter berdasarkan Jadual 1.

Jadual 1: Pengiraan sub indeks bagi setiap parameter (JAS, 2009)

Parameter	Nilai	Sub Indeks(SI)
DO	$x \leq 8$	SIDO = 0
	$x \geq 92$	SIDO=100
	$8 < x < 92$	SIDO= $-0.395 + 0.03x^2 - 0.0002x^3$
BOD	$x \leq 5$	SIBOD= $100.4 - 4.23x$
	$x > 5$	SIBOD= $108e^{-0.055x} - 0.1x$
COD	$x \leq 20$	SICOD = $-1.33x + 99.1$
	$x > 20$	SICOD = $103e^{-0.0157x} - 0.04x$
AN	$x \leq 0.3$	SIAN = $100.5 - 105x$
	$0.3 < x < 4$	SIAN= $94e^{-0.573x} - 5 * x-2 $
	$x \geq 4$	SIAN = 0
SS	$x \leq 100$	SISS = $97.5e^{-0.00676x} + 0.05x$
	$100 < x < 1000$	SISS = $71e^{-0.0061x} - 0.015x$
	$x \geq 1000$	SISS = 0
pH	$x < 5.5$	SlpH = $17.2 - 17.2x + 5.02x^2$
	$5.5 \leq x < 7$	SlpH = $-242 + 95.5x - 6.67x^2$
	$7 \leq x < 8.75$	SlpH = $-181 + 82.4x - 6.05x^2$
	$x \geq 8.75$	SlpH = $536 - 77x + 2.76x^2$

i. **pH**

PH adalah singkatan bagi *potential hydrogenii* yang merujuk kepada kepekatan ion hidrogen (H^+) (Boyd, 2000). Nilai pH mempunyai julat 1 hingga 14 di mana nilai 7 merupakan nilai neutral. Nilai pH <7 menunjukkan jasad air bersifat asid, manakala nilai pH >7 menunjukkan jasad air sungai tersebut bersifat alkali. Parameter ini merupakan parameter yang selalu diukur dalam mana-mana pengukuran kualiti air kerana ianya mempengaruhi proses biologi dan tindak balas kimia.

ii. **Oksigen Terlarut**

Oksigen terlarut (DO) adalah jumlah molekul oksigen yang larut dalam air. Tahap oksigen dipengaruhi oleh suhu, halaju aliran dan aktiviti biologi di dalam air. Oleh kerana oksigen yang paling diperlukan oleh kehidupan akuatik, maka jumlah DO akan memberi kesan ke atas tindak balas akuatik dan kimia yang berlaku di dalam air. Atas sebab ini, DO adalah salah satu kriteria yang paling penting dalam menentukan kualiti air semula jadi.

iii. **Pepejal Terampai**

Kualiti fizikal air yang sebahagian besarnya ditentukan oleh jumlah pepejal terampai di dalam dalam sungai. Kehadiran Pepejal Terampai (SS), kadang-kadang disebut juga sebagai Sedimen Terampai, boleh menyekat cahaya matahari dari sampai kepada tumbuhan fotosintetik dan boleh menjejaskan ekosistem akuatik dengan mengganggu pernafasan komuniti "benthic" dan kerikil yang sering menjadi habitat utama untuk spesies ikan bertelur.

iv. **Permintaan Oksigen Biokimia**

Permintaan Oksigen Biokimia (BOD) adalah jumlah oksigen yang diperlukan oleh organisma aerobik untuk mengoksidakan bahan organik yang ada di dalam air secara bio-kimia. BOD adalah satu langkah secara tidak langsung untuk mengukur kepekatan pencemaran organik di dalam air. Lebih banyak organik yang wujud di dalam badan air, lebih besar jumlah oksigen yang telah diambil oleh mikroorganisma untuk dioksida dan seterusnya menghasilkan bahan buangan terdiri dari karbon dioksida dan air.

v. Permintaan Oksigen Kimia

Permintaan Oksigen Kimia (COD) adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidakan sesuatu sebatian di dalam air melalui agen pengoksidaan kimia yang kuat.

vi. Nitrogen Ammonia

Nitrogen Ammonia (AN) biasanya diukur untuk air sisa domestik yang mana ianya berasal sama ada dari ammonia atau ammonium. Kedua-duanya adalah produk degradasi protein serta urea iaitu sebatian yang terkandung di dalam air kencing. Ammonia merupakan toksik kepada hidupan akuatik walaupun dalam kepekatan yang sedikit.

- 4.3.3. Berdasarkan kepada nilai IKA yang diperolehi, perbandingan dibuat dengan merujuk kepada Kelas Kualiti Air dan Kegunaan yang dibangunkan oleh JAS seperti mana di dalam **Jadual 2** bagi menentukan tahap kualiti air sungai tersebut.

Jadual 2: Kelas Kualiti Air dan Kegunaan, Jabatan Alam Sekitar (JAS, 2009)

IKA	Kelas	Kegunaan Air
>92.7	Kelas I	Pemeliharaan alam semula jadi Rawatan air yang sangat minimum Spesies hidupan air yang sangat sensitif
76.5 – 92.7	Kelas II	Rawatan air konvensional Spesies hidupan air yang sensitif Sesuai untuk rekreasi
51.9 – 76.5	Kelas III	Rawatan air lebih menyeluruh Sesuai untuk haiwan ternakan
31.0 – 51.9	Kelas IV	Sesuai untuk pengairan
< 31.0	Kelas V	Air yang tidak dapat dimanfaatkan

- 4.3.4. Nilai IKA yang diperolehi juga boleh menggambarkan tahap kebersihan air sungai berpandukan kepada Jadual Klasifikasi Kualiti Air berdasarkan Indeks Kualiti Air JAS seperti di dalam **Jadual 3**.

Jadual 3: Jadual Klasifikasi Kualiti Air Berdasarkan Indeks Kualiti Air, Jabatan Alam Sekitar (JAS, 2001)

Indek Kualiti Air	JULAT INDEKS IKA		
	Bersih	Sedikit Tercemar	Tercemar
	81 - 100	60 - 80	0 - 59

- 4.3.5. Kualiti air sungai boleh juga ditentukan berdasarkan kepada nilai setiap parameter yang diukur dan ditentukan kelas kualiti berpandukan kepada Klasifikasi Indeks Kualiti Air yang dibangunkan oleh JAS seperti yang ditunjukkan di dalam **Jadual 4**.

Jadual 4: Jadual Klasifikasi Indeks Kualiti Air, Jabatan Alam Sekitar (JAS, 2001)

PARAMETER (unit)	KELAS				
	I	II	III	IV	V
pH	>7.0	6.0 - 7.0	5.0 - 6.0	< 5.0	>5.0
DO (mg/l)	>7.0	5 – 7	3 - 5	1 - 3	< 1
TSS (mg/l)	< 25	25 – 50	50 - 150	150 - 300	>300
BOD (mg/l)	< 1	1 – 3	3 - 6	6 - 12	>12
COD (mg/l)	< 10	10 – 25	25 - 50	50 - 100	> 100
AN (mg/l)	0.1	0.3	0.9	2.7	>2.7

- 4.3.6. Terdapat dua (2) kaedah penyukatan parameter kualiti air iaitu kaedah analisis sampel air dan menggunakan alat pengukuran parameter kualiti air.

i. Analisis Sampel Air

Kaedah ini melibatkan pengambilan sampel air di lapangan untuk dianalisis di makmal. Walau bagaimanapun, tidak semua parameter air melibatkan pengambilan sampel bagi menentukan nilainya yang mana pH dan DO perlu diceraip di lapangan. Ini adalah bagi memastikan ketepatan nilainya berikutan perubahan pH mudah berlaku secara langsung dengan perubahan kandungan karbon dioksida (CO_2) yang hadir dari penafasan manusia atau persekitaran manakala nilai DO banyak dipengaruhi oleh halaju aliran sungai. Perubahan cerun tinggi akan mempercepatkan proses pengoksigenan air melalui peningkatan halaju aliran sungai serta menyebabkan pengudaraan dan penambahan oksigen terlarut di dalam sungai (Chang, 2008). Kaedah pensampelan ini melibatkan beberapa aktiviti iaitu:

- a) Kerja-kerja pengambilan sampel di lapangan hendaklah dilakukan mengikut jadual yang telah ditetapkan dan waktu yang konsisten bagi setiap persampelan. Sampel air dapat dihantar ke makmal pada tempoh yang sesuai kerana setiap sampel hanya boleh disimpan dalam tempoh tertentu mengikut jenis parameter yang hendak diukur.
- b) Menyedia dan membawa peralatan yang diperlukan untuk mengambil sampel air sungai seperti berikut:-

- Botol Sampel: Jenis dan saiz botol yang digunakan adalah berdasarkan kepada parameter yang akan dianalisis seperti mana yang dinyatakan di **Jadual 5**. Contoh botol sampel yang digunakan adalah seperti di **Rajah 2**.

Jadual 5: Jenis dan Saiz Botol berdasarkan Parameter Sampel

Jenis Botol	Parameter	Saiz Botol
<i>Polyethylene</i>	BOD; TSS & DO	500 ml
<i>Amber glass</i>	COD & AN	60 ml



Rajah 2: Botol-Botol Persampelan Air

- Borang Pensampelan Lapangan seperti format di **Lampiran 3**.
- Label: Setiap botol pensampelan hendaklah dilabelkan dengan menggunakan pelekat berwarna seperti di **Jadual 6** dan mengandungi maklumat seperti tarikh, masa, lokasi pensampelan, parameter, dan kod sampel.

Jadual 6: Jadual menunjukkan Warna Pelekat dan Kod Sampel berdasarkan Parameter Sampel

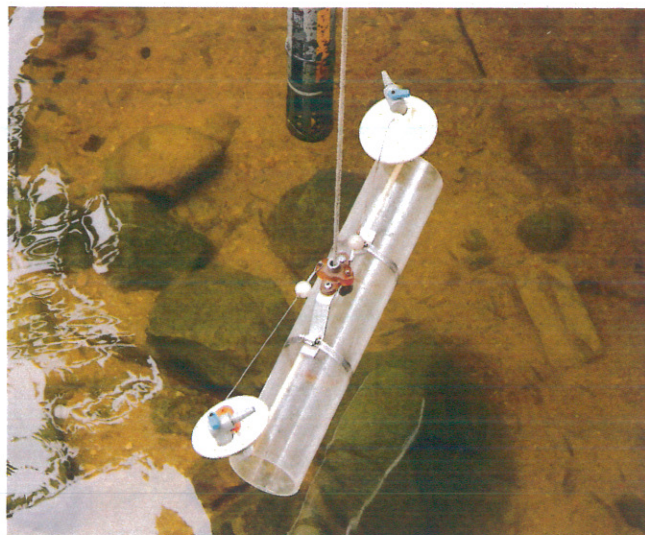
Jenis Sampel	Warna Pelekat	Kod Sampel
DO	Putih	DOS1L1
TSS	Putih	TSS1L1
BOD	Putih	BODS1L1
COD	Kuning	CODS1L1
AN	Kuning	AMS1L1

Catatan: S = adalah mewakili sungai,

L = mewakili lokasi sampel

1 mewakili bilangan sungai dan lokasi sampel

- *Cooler box* berisi ais untuk menyimpan sampel.
- Bekas untuk mengambil sampel air seperti timba, baldi kecil atau alatan yang dicipta khusus untuk tujuan pengambilan air sungai dari tempat yang tinggi seperti Van Dorn Sampler (**Rajah 3**).
- *Geographical Positioning System (GPS)*.



Rajah 3: Van Dorn Sampler

c) Pengambilan sampel air melibatkan lima (5) parameter iaitu DO, SS, BOD, COD dan AN. Prosedur pengambilan sampel air di lapangan bagi semua parameter terlibat adalah sepertimana berikut:-

- Pastikan botol adalah dari jenis yang betul dan mempunyai label yang jelas.
- Bersihkan botol terlebih dahulu dari sebarang kekotoran atau sisa sampel lama dengan membilas menggunakan air sungai tersebut sebanyak dua (2) kali.
- Pastikan air sungai di tempat pensampelan tiada gangguan dari keladak atau sebagainya akibat pergerakan kaki dan unsur-unsur lain.
- Ambil sampel air pada kedalaman lebih kurang 0.5 meter dari permukaan air dengan menggunakan alat yang sesuai seperti gayung, baldi kecil dan jag air. Walau bagaimanapun, bagi sungai besar yang mana pengambilan sampel air secara terus agak sukar tetapi boleh dibuat dari atas jambatan, penggunaan alatan khusus seperti *Van Dorn Sampler* adalah digalakkan.
- Tuangkan ke dalam botol sampel dengan berhati-hati agar tiada kocakan atau buih air berlaku.
- Tutup botol sampel dengan kemas dan susun dalam keadaan menegak di dalam *cooler box* bagi mengelak goncangan atau kocakan keterlaluan dan tertumpah semasa penghantaran.

d) Sampel kemudiannya perlu dihantar ke makmal dengan mematuhi beberapa perkara bagi memastikan sampel air dalam keadaan yang baik iaitu:-

- Sampel hendaklah dihantar terus ke makmal pada hari yang sama, tetapi sekiranya tempoh perjalanan melebihi 24 jam, semua sampel hendaklah disimpan di dalam peti sejuk (bukan kompartmen sejuk beku).
- Mengenalpasti jarak dan tempoh masa perjalanan dari sungai ke makmal bagi menentukan bilangan pek ais beku yang mencukupi untuk mengekalkan suhu di dalam *cooler box* berada di antara 4 - 10°C. Selain itu, jarak perjalanan juga akan menentukan tempoh penyimpanan sampel.
- Menyusun pek ais beku di bahagian bawah, dinding sekeliling dan atas botol sampel.
- Jauhkan sampel dari terdedah kepada cahaya matahari semasa proses penghantaran.
- Lengkapkan borang Pemerhatian Fizikal, Pensampelan di Lapangan dan borang-borang lain yang telah disediakan oleh pihak makmal.

e) Sampel air biasanya akan dihantar ke Jabatan Kimia atau mana-mana makmal yang diiktiraf oleh Jabatan Kimia untuk dianalisis. Walau bagaimanapun, jika analisis sampel perlu dilaksanakan sendiri oleh makmal Jabatan, prosedur berikut perlu dipatuhi:

- Mendaftar sampel air dalam buku penerimaan yang disediakan di makmal.
- Melakukan analisis sampel parameter fizikal terlebih dahulu (sebaik sahaja diterima) atau selewat-lewatnya dalam tempoh 24 jam bertujuan untuk mengurangkan perubahan dalam kandungan air.
- Kaedah menganalisis parameter kualiti air boleh dirujuk dalam prosedur standard analisis air di dalam makmal berdasarkan **Jadual 7**.

Jadual 7: Kaedah Analisis Kualiti Air (APHA, 1998)

No	Parameter	Kaedah
1	DO	DO Meter
2	pH	pH Meter
3	BOD	Modified Winkler
4	COD	Colorimetric
5	TSS	Gravimetric
6	AN	Salicylate

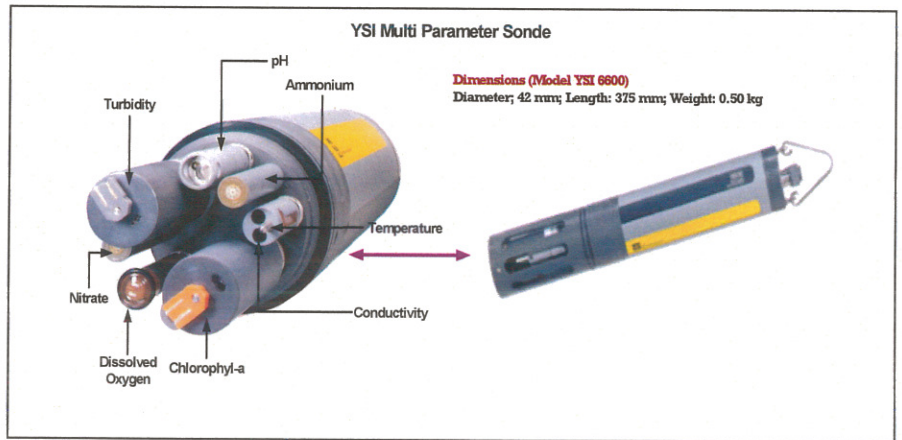
- Semua sampel yang telah melebihi had masa simpanan yang ditetapkan tidak boleh lagi digunakan untuk analisis dan perlu dibuang.
- Rekod maklumat yang diperolehi dalam fail dan diserahkan kepada ketua bahagian untuk disemak dan disimpan.

ii. Menggunakan Alat Pengukuran Parameter Kualiti Air

- a) Kaedah ini melibatkan penggunaan peralatan yang boleh mencerap parameter kualiti air secara terus di lapangan. Pada masa kini telah terdapat pelbagai peralatan di pasaran yang boleh mengukur terus nilai parameter kualiti air tanpa perlu mengutip dan menghantar sampel air ke makmal untuk dinalisis.
- b) Ketepatan data yang dihasilkan daripada alatan tersebut bergantung kepada jenama; bilangan dan jenis parameter yang dicerap; serta harga. Walau bagaimanapun, nilai yang diperolehi masih boleh diterima khususnya dalam bidang perhutanan yang mana tujuan pemantauan adalah lebih kepada untuk menganggarkan status kualiti air tanpa memerlukan tahap kejituan yang tinggi.
- c) Antara alatan yang biasa digunakan ialah “multi parameter probe” yang merupakan alat yang mempunyai sensor-sensor yang berupaya mencerap nilai parameter kualiti air. Contoh alatan yang boleh digunakan ialah *In-Situ Inc. TROLL 9500* (**Rajah 4**), *YSI 6920* (**Rajah 5**) dan *YSI Professional Plus handheld multiparameter* (**Rajah 6**).



Rajah 4: In-Situ Inc. TROLL 9500



Rajah 5: YSI Multi Parameter Sonde



Rajah 6: YSI Professional Plus handheld multi parameter

- d) Di samping penggunaan peralatan yang menggunakan sensor bagi mengukur parameter kualiti air, terdapat juga sejenis alat yang boleh digunakan untuk menilai kualiti air sungai melalui perbandingan sampel air dengan carta kualiti air yang telah disediakan yang dinamakan Kit Ujian Kualiti Air.
- Alatan ini mempunyai ciri-ciri yang mudah, ringkas, dan kaedah pengujian yang tidak berbahaya serta sesuai digunakan untuk menguji kualiti air sungai. Antara parameter yang boleh diukur menggunakan alatan ini

adalah pH, DO, BOD, Coliform Bacteria (E. coli), fosfat, nitrat, suhu, dan kekeruhan.

- Kit ini mengandungi buku panduan, tiub sampel, tablet, carta perbandingan kualiti air, dan “kit container” seperti di **Rajah 7**.



Rajah 7: Kit Ujian Kualiti Air

- Kaedah penggunaan alatan ini secara umumnya melibatkan empat (4) langkah iaitu:-
 - masukkan sampel air ke dalam tiub sampel yang disediakan;
 - masukkan tablet yang berkaitan dengan parameter yang akan diuji ke dalam tiub sampel tersebut;
 - bandingkan warna yang terhasil pada sampel air dengan carta yang disediakan; dan
 - tentukan tahap kualiti air berdasarkan keputusan yang diperolehi dengan membuat perbandingan julat yang telah ditentukan dalam skala penilaian keputusan iaitu sangat bersih, bersih, sederhana, dan kotor.

- Hasil keputusan yang diperolehi dengan menggunakan kaedah ini boleh digunakan untuk menganggarkan tahap kualiti air berdasarkan kepada skala penilaian keputusan iaitu sangat bersih, bersih, sederhana, dan kotor.

5. PEMILIHAN KAEDAH PEMANTAUAN KUALITI AIR SUNGAI

Pemilihan kaedah pemantauan kualiti air sungai bergantung kepada lokasi dan tujuan pemantauan. Secara amnya, mana-mana kawasan HSK yang mempunyai sungai di dalamnya perlu dilakukan pemantauan kualiti air, terutamanya bagi kawasan yang terlibat dengan aktiviti pengusahaan hutan. Walau bagaimanapun, empat (4) kawasan di dalam HSK yang disyorkan perlu dibuat pemantauan kualiti air sungai atau badan air yang terdapat di dalamnya dengan merujuk kepada klasifikasi fungsi kegunaan hutan di bawah subseksyen 10(1) Akta Perhutanan Negara 1984 adalah:

- i. Hutan Pengeluaran Kayu Di Bawah Perolehan Berkekalan;
- ii. Hutan Lipur;
- iii. Hutan Taman Negeri; dan
- iv. Hutan Tadahan Air.

Pemantauan bagi kelas fungsi hutan yang lain juga boleh dilakukan bergantung kepada keperluan semasa dan kehendak pengurusan.

5.1. Pemantauan Air Sungai Di Dalam Kawasan Hutan Pengeluaran Kayu Di Bawah Perolehan Berkekalan

Pemantauan kualiti air sungai di dalam kawasan hutan ini adalah perlu bagi melihat dan memantau kualiti air sungai yang mungkin berlaku pencemaran akibat daripada aktiviti pengusahaan hutan. Pemantauan kualiti air sungai di kawasan hutan ini boleh dibuat secara mikro dan makro.

5.1.1. Pemantauan Secara Mikro

Pemantauan secara mikro ini adalah merujuk kepada kawasan lesen pengusahaan hutan yang dilakukan semasa melaksanakan aktiviti pemantauan bulanan kawasan lesen pengusahaan hutan.

i. Kaedah Pemantauan

Memandangkan pemantauan kawasan lesen ini perlu dilaksanakan sekurang-kurangnya sekali dalam tempoh sebulan maka, kaedah pemerhatian secara fizikal adalah lebih sesuai digunakan kerana ianya lebih mudah dan cepat. Walau bagaimanapun, adalah disyorkan juga pemantauan parameter kualiti air dilaksanakan dengan menggunakan alat pengukuran kerana ianya dapat memberikan maklumat yang lebih tepat dan seterusnya boleh mengenalpasti IKA air sungai berkenaan.

ii. Kekerapan Pemantauan

Dilaksanakan sekurang-kurangnya sekali dalam tempoh sebulan iaitu semasa melaksanakan aktiviti pemantauan bulanan kawasan lesen pengusahaan hutan.

iii. Peringkat Pemantauan

Disyorkan dibuat pada tiga (3) peringkat iaitu sebelum, semasa dan selepas kawasan tersebut dibuka untuk pengusahaan. Tujuan pemantauan dibuat pada tiga (3) peringkat ini adalah bagi membuat perbandingan tahap kualiti air sungai yang mungkin berlaku akibat daripada aktiviti pengusahaan hutan di samping dapat membangunkan “base line data” bagi kawasan HSK berkenaan.

iv. Lokasi Pemantauan

Pemantauan boleh dibuat di mana-mana bahagian kawasan lesen yang terdapat sungai di dalamnya. Keutamaan hendaklah diberikan kepada lokasi sungai yang berada di sempadan kawasan lesen yang mana air sungainya mengalir keluar dari kawasan lesen tersebut. Pemantauan berikutnya hendaklah dibuat di lokasi yang sama bagi memastikan data-data yang diperolehi dapat dibuat perbandingan di samping dapat mewujudkan “base line data” bagi kawasan hutan berkenaan.

5.1.2. Pemantauan Secara Makro

Pemantauan secara makro ialah merujuk kepada “landscape level” iaitu melibatkan kawasan yang lebih luas bagi keseluruhan atau sebahagian HSK yang dikelaskan sebagai Hutan Pengeluaran Kayu Di Bawah Perolehan Berkekalan yang mana terdapat beberapa kawasan lesen pengusahaan hutan di dalamnya.

i. Kaedah Pemantauan

- Kaedah pemantauan yang sesuai ialah melalui analisis sampel air atau pencerapan terus parameter kualiti air di lapangan dengan menggunakan peralatan.
- Kaedah ini akan dapat memberikan gambaran kualiti air sungai yang sebenar kerana melalui kaedah ini dapat diketahui nilai IKA air sungai di samping nilai bagi setiap parameter yang dicerap.
- Maklumat yang diperolehi melalui kaedah ini juga boleh diguna sama dengan agensi lain yang turut memantau kualiti

air sungai di Malaysia iaitu JAS dan Jabatan Pengairan dan Saliran Malaysia (JPS).

- Pemantauan melalui analisis sampel air boleh dilaksanakan sendiri oleh Jabatan di mana, sampel air diambil sendiri oleh pegawai Jabatan dan kemudiannya dihantar ke makmal Jabatan Kimia Malaysia untuk analisis atau dihantar kepada makmal swasta yang diiktiraf oleh Jabatan Kimia Malaysia.
- Penubuhan stesen pemantauan kualiti air yang tetap adalah juga digalakkan terutamanya bagi kawasan HSK yang mempunyai sungai besar dan mempunyai banyak kawasan pengusahaan di dalam kawasan tadahan sungai berkenaan seperti di **Rajah 8**. Stesen pemantauan ini dipasang alat pengukuran parameter kualiti air seperti *multi-parameter water quality probe* yang mempunyai beberapa sensor untuk mencerap data parameter kualiti air yang berkenaan. Stesen ini biasanya dilengkapi dengan “data logger” bagi merekodkan data secara automatik setiap parameter yang dicerap dan bateri yang dikuasakan melalui tenaga solar.
- Walau bagaimanapun, pemantauan stesen ini hendaklah dilakukan secara berkala iaitu antara satu (1) hingga tiga (3) bulan sekali bagi memastikan peralatan di stesen berkenaan terutamanya *Multi-parameter Water Quality Probe* dapat berfungsi dengan baik. Stesen ini juga memerlukan penyelenggaraan tahunan bagi menggantikan sensor-sensor parameter kualiti air yang mempunyai tempoh tertentu keboleh gunaan yang bertujuan bagi memastikan ianya berfungsi dan dapat memberikan data yang boleh dipercayai.



Rajah 8: Stesen Tetap Hidrologi JPSPM

ii. Kekerapan Pemantauan

Kekerapan pemantauan kualiti air bagi kawasan ini hendaklah dibuat sekurang-kurangnya tiga (3) kali setahun iaitu pada setiap suku tahun atau pun bergantung kepada keperluan semasa seperti berlakunya pencemaran sungai yang ketara sehingga menimbulkan isu atau aduan awam.

iii. Peringkat Pemantauan

Disyorkan dibuat secara berterusan selagi kawasan HSK tersebut dikekalkan kelas fungsinya sebagai Hutan Pengeluaran Kayu di bawah Perolehan Berkekalan yang mana ianya akan dapat dapat membangunkan "base line data" bagi kawasan HSK berkenaan.

iv. Lokasi Pemantauan

Pemantauan boleh dibuat di bahagian sungai yang berada di sempadan luar HSK yang mana sungainya berasal dari kawasan hutan pengeluaran atau air larian permukaan dari

kawasan-kawasan hutan pengeluaran memasuki sungai tersebut. Pemilihan lokasi yang sesuai boleh menggunakan konsep "river basin" di mana air larian permukaan hasil daripada hujan masuk ke sungai utama yang mengalir keluar dari sesuatu kawasan HSK. Keutamaan hendaklah juga diberikan kepada beberapa faktor terutamanya kemudahan dan keselamatan. Pemantauan berikutnya hendaklah dibuat di lokasi yang sama bagi memastikan data-data yang diperolehi dapat dibuat perbandingan di samping dapat membangunkan "base line data" bagi kawasan HSK berkenaan.

5.2. Pemantauan Air Sungai Di Dalam Kawasan Hutan Lipur dan Hutan Taman Negeri

Pemantauan ke atas kualiti air sungai di dalam kawasan hutan lipur dan hutan taman negeri adalah bagi memastikan kualiti air sungai bebas daripada sebarang pencemaran yang boleh mendatangkan kemudaratan kepada pengunjung atau pengguna hutan lipur dan hutan taman negeri.

5.2.1. Kaedah Pemantauan

- i. Kaedah pemantauan yang sesuai ialah pemantauan melalui analisis sampel air atau pencerapan terus parameter kualiti air di lapangan menggunakan peralatan. Kaedah ini akan dapat memberikan gambaran kualiti air sungai yang sebenar kerana melalui kaedah ini dapat diketahui nilai IKA dan juga nilai bagi setiap parameter yang dicerap.
- ii. Penggunaan Kit Ujian Kualiti Air juga boleh digunakan memandangkan alatan ini mempunyai ciri-ciri yang mudah, ringkas, dan kaedah pengujian yang tidak berbahaya serta boleh mengukur parameter bakterologi seperti *coliform* dan

bakteria di samping parameter asas iaitu pH, DO, BOD, suhu dan kekeruhan.

- iii. Pemantauan kawasan hutan lipur dan hutan taman negeri ini boleh dilaksanakan dengan kerjasama Jabatan Kesihatan Malaysia untuk menilai pencemaran yang disebabkan oleh bakteria pembawa penyakit seperti *Escherichia coli* (*E. coli*) dan *Vibrio spp.*

5.2.2. Kekerapan Pemantauan

Kekerapan pemantauan kualiti air bagi kawasan ini hendaklah dibuat sekurang-kurangnya dua (2) kali setahun atau lebih kerap bergantung kepada keperluan semasa.

5.2.3. Lokasi Pemantauan

- i. Pemantauan boleh dibuat sekurang-kurangnya di tiga (3) tempat iaitu di bahagian hulu sungai yang memasuki kawasan hutan lipur dan hutan taman negeri, di kawasan sungai yang menjadi tumpuan pengunjung dan juga di hilir sungai selepas kawasan hutan lipur dan hutan taman negeri.
- ii. Tujuan pemantauan di lokasi hulu sungai adalah bagi mengetahui tahap kualiti air sungai yang masuk ke kawasan hutan lipur dan hutan taman negeri di samping dapat membuat pengesanan awal sekiranya berlaku pencemaran ke atas sumber air.

- iii. Pemantauan di kawasan tumpuan pengunjung adalah bagi mengetahui tahap kualiti air sungai semasa untuk memastikan kualiti air sungai berada pada tahap yang bersesuaian untuk tujuan rekreasi.
- iv. Manakala pemantauan di lokasi hilir sungai selepas kawasan hutan lipur dan hutan taman negeri adalah bagi mengetahui tahap kualiti air sungai yang keluar dari kawasan hutan lipur hutan dan taman negeri untuk mengetahui sejauh mana aktiviti rekreasi mendatangkan kesan ke atas tahap kualiti air sungai.
- v. Pemantauan berikutnya hendaklah dibuat di lokasi yang sama bagi memastikan data-data yang diperolehi dapat dibuat perbandingan di samping dapat membangunkan "base line data" bagi kawasan HSK berkenaan.

5.3. Pemantauan Air Sungai Di Dalam Kawasan Hutan Tadahan Air

Pemantauan ke atas kualiti air sungai di dalam kawasan hutan tadahan air adalah bagi menilai status kualiti air sungai supaya berada pada tahap yang bersesuaian di samping mengesan sekiranya berlaku sebarang pencemaran.

5.3.1. Kaedah Pemantauan

- i. Kaedah pemantauan yang sesuai ialah pemantauan parameter kualiti air melalui analisis sampel air atau pencerapan terus menggunakan peralatan kerana kaedah ini akan dapat memberikan gambaran kualiti air sungai yang sebenar melalui nilai IKA dan juga nilai-nilai bagi setiap parameter yang dicerap.

- ii. Pemantauan secara pemerhatian fizikal boleh juga digunakan dengan melihat keadaan fizikal air sungai secara keseluruhan terutamanya kekeruhan dan kehadiran bendasing atau bahan buangan seperti tong, tayar, besi buruk dan tompokan minyak yang menyebabkan berlakunya pencemaran air.

5.3.2. Kekerapan Pemantauan

Kekerapan pemantauan kualiti air bagi kawasan ini hendaklah dibuat seberapa kerap yang mungkin iaitu semasa melakukan aktiviti pemantauan ke atas kawasan hutan tadahan air (rujuk Panduan Penubuhan dan Pengurusan Kawasan Hutan Tadahan Air di dalam HSK di Semenanjung Malaysia).

5.3.3. Lokasi Pemantauan

- i. Pemantauan boleh dibuat di bahagian sungai yang berada di sempadan kawasan hutan tadahan air atau mana-mana lokasi yang sesuai yang dapat menggambarkan keseluruhan kawasan hutan tadahan air tersebut.
- ii. Pemantauan berikutnya hendaklah dibuat di lokasi yang sama bagi memastikan data-data yang diperolehi dapat dibuat perbandingan.

6. LANGKAH KESELAMATAN DI LAPANGAN

Ketika menjalankan aktiviti pemantauan kualiti air sungai, keselamatan individu yang terlibat perlu diberi keutamaan. Langkah-langkah keselamatan yang disyorkan antaranya ialah:

- 6.1. Pemantauan hendaklah dielakkan ketika air sungai sangat banyak dan deras akibat daripada hujan lebat;
- 6.2. Jangan jalankan aktiviti sekiranya hujan lebat di kawasan hulu sungai atau ketika terdengar bunyi lagaan batu selepas hujan di sungai-sungai di kawasan bukit atau di tanah tinggi;
- 6.3. Elakkan daripada masuk ke dalam sungai yang dalam airnya atau berarus deras, sebaliknya menggunakan alat sokongan seperti tali, buluh, dan kayu bagi mengikat peralatan pengambilan sampel air sungai;
- 6.4. Kendali botol terutamanya botol kaca (amber glass) dengan berhati-hati agar tidak jatuh, pecah atau tertumpah;
- 6.5. Sekiranya pengawet telah disediakan di dalam botol, guna sarung tangan untuk membuka penutup botol serta halakan muncung botol jauh dari muka serta anggota badan agar tidak terhidu, terkena kulit atau mata;
- 6.6. Menggunakan pelekat berwarna yang telah ditetapkan untuk mengelakkan sebarang kekeliruan dan menggantikan label sekiranya telah luntur;
- 6.7. Sekiranya berlaku tumpahan, terhidu ataupun tersentuh asid pengawet dengan kulit, cuci bahagian tersebut dengan air bersih dengan segera dan berjumpa doktor sekiranya perlu; dan
- 6.8. Membawa bersama peti pertolongan cemas yang lengkap.

7. KESIMPULAN

Panduan ini akan membantu JPSP dan Jabatan Perhutanan Negeri bagi memantau kualiti air sungai dalam HSK untuk pemeliharaan sumber air negara demi kesejahteraan rakyat.

TARIKH KUAT KUASA

Pekeliling ini berkuat kuasa serta merta, mulai 1hb. Julai 2015

"BERKHIDMAT UNTUK NEGARA"

"HUTAN UNTUK KESEJAHTERAAN MASYARAKAT"

"1 MALAYSIA: RAKYAT DIDAHULUKAN, PENCAPAIAN DIUTAMAKAN"

Saya yang menurut perintah.



(DATO' SRI DR. HJ. ABD. RAHMAN BIN HJ. ABD. RAHIM)

Ketua Pengarah Perhutanan

Semenanjung Malaysia

Rujukan

APHA. *Standard Methods for the examination of water and wastewater* (20), American Public Health Association: New York, 1998.

Boyd, C.E. (2000). *Water Quality: An Introduction*. USA: Klumber Academic Publisher.

Chang, M. (2003). *Forest Hydrology: An Introduction to Water and Forests*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press.

Department of Environment, (DOE). *Kuala Lumpur: Environment Quality report*. Kuala Lumpur: Ministry of Science, Technologies and Environment. Department of Environment. Malaysia, 2009.

LOKASI PENUBUHAN STESEN TETAP HIDROLOGI JPMS

Negeri	Nama Stesen	Lokasi Stesen
Pahang	Stesen Tetap Hidrologi Sungai Cheruai, Merapoh, Lipis, (Taman Negara).	N4° 39' 56.2", E102° 05' 00.6"
	Stesen Tetap Hidrologi Sungai Tembeling (Kg.Merting), Jerantut, Pahang.	N4° 14' 16.7", E102° 23' 04.3"
	Stesen Tetap Hidrologi Sungai Tekai, HSK Tekai Tambahan, Jerantut.	N4° 14' 43.8", E102° 24' 11.1"
	Stesen Tetap Hidrologi Sungai Jelai (Kuala Medang), Kuala Lipis.	N4° 17' 29.4", E101° 48' 48.2"
	Stesen Tetap Hidrologi Sungai Jelai Kecil, Kuala Lipis, Pahang.	N4° 17' 35.3", E101° 47' 49.7"
Kedah	Stesen Tetap Hidrologi Sg Muda, Tasik Ulu Muda, HSK Chebar Besar, Sik.	N6° 06' 51.4", E100°57' 43.2"
Perak	Stesen Tetap Hidrologi Sungai Salor, HSK Temenggor, Grik, Perak.	N5° 33' 55", E101° 36' 34.6"
Johor	Stesen Tetap Hidrologi Sg Lenggor, HSK Lenggor, Mersing.	N2° 13' 37.3", E103° 43' 46.5"
Terengganu	Stesen Tetap Hidrologi Sungai Cherul, HSK Cherul, Cheneh.	N4° 10' 04.5", E103° 03' 48.1"

