

Pengantar Pengelolaan Sumber Daya Air

Dr. Ir. M. Yanuar J. Purwanto, M.S.
Drs. Agus Susanto, M.Si.



PENDAHULUAN

Sumber daya air merupakan salah satu sumber daya alam yang vital baik untuk kehidupan flora, fauna, dan manusia di muka bumi maupun untuk kebutuhan manusia dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari di berbagai sektor kehidupan. Sebagai sumber daya alam maka kegiatan pengelolaan sumber daya air menjadi penting agar yang membutuhkan air dapat mendapatkan akses yang sama baik dalam memenuhi kebutuhan pokoknya untuk air minum dan sanitasi, maupun untuk memenuhi kebutuhan penghidupannya sebagai petani untuk mengairi tanamannya serta untuk memproduksi berbagai produk seperti deterjen, kain, dan produk lainnya yang proses produksinya memerlukan air. Oleh karena banyak yang membutuhkan air maka bukan tidak mungkin air di muka bumi ini akan tidak mencukupi karena keberadaannya terbatas.

Selain keberadaan air di bumi terbatas, sebenarnya penyebarannya di muka bumi ini juga tidak merata, seperti daerah kering dan gurun pasir jumlah air lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah air di daerah hutan hujan tropis, seperti di daerah hutan pulau Sumatra atau di daerah Amazona di Benua Amerika Selatan. Di Indonesia bagian timur, khususnya di Provinsi Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, Maluku, dan Maluku Utara mempunyai jumlah air yang lebih sedikit dibandingkan dengan di Pulau Jawa maupun Sumatra, bahkan di suatu wilayah, yang dikenal sebagai daerah bayang-bayang hujan akan mempunyai jumlah ketersediaan air lebih sedikit dibandingkan dengan daerah yang membayangnya. Biasanya daerah bayang-bayang hujan dibatasi oleh gunung yang menerima hujan dari angin basah, dan setelah terjadi hujan, angin akan terus bertiup, tetapi sampai di balik gunung tersebut sudah menjadi angin kering, dan tidak dapat menjadi hujan di daerah ini, maka disebutlah sebagai daerah bayang-bayang hujan.

Selain tidak merata dari sisi lokasi atau spasial, dipandang dari segi temporal atau penyebaran waktu selama satu tahun juga tidak merata. Sebagai contoh, di daerah yang beriklim moonson tropis akan mengalami dua

musim dalam setahun, yaitu musim penghujan dan musim kemarau. Pada daerah ini, selama musim penghujan akan terjadi hari hujan yang cukup banyak dalam sebulan sehingga musim hujan memberikan air. Sebaliknya, selama musim kemarau akan jarang terjadi hujan atau bahkan tidak pernah terjadi hujan dalam sebulan sehingga tidak cukup tersedia air maka di mana-mana di wilayah musim kemarau ini terjadi kekurangan air.

Dengan memperhatikan perubahan-perubahan tersebut maka dalam modul ini akan dijelaskan bagaimana air itu menjadi sumber daya yang sangat penting dalam kehidupan manusia di dunia serta bagaimana keberadaan air dan penyebarannya di muka bumi.

KEGIATAN BELAJAR 1**Dasar dan Perkembangan Pengelolaan Sumber Daya Air di Indonesia****A. AIR SEBAGAI SUMBER DAYA ALAM YANG TERBATAS**

Ketersediaan air di dunia ini terbatas. Luas permukaan air di permukaan bumi ini sebesar 71%, sedangkan daratan luasnya hanya 29%. Keseluruhan lingkungan air ini karena merupakan satu kesatuan lingkungan dan sangat dibutuhkan untuk menunjang kehidupan. Keberadaan air di alam ini tetap jumlahnya dalam berbagai wujud. Kandungan air di bumi pada dasarnya berlimpah, volume seluruhnya mencapai 1.400.000.000 km³, lebih kurang 97% merupakan air laut (air asin) yang tidak dapat dimanfaatkan secara langsung dalam kehidupan manusia. Dari 3% sisanya, 2% berupa gunung-gunung es di kedua kutub bumi, 0,75% merupakan air tawar yang mendukung kehidupan makhluk hidup di darat baik berupa mata air, air sungai, danau, maupun air tanah, dan selebihnya berupa uap air. Makin bertambah jumlah penduduk di muka bumi ini, makin banyak air yang dibutuhkan, sedangkan ketersediaan air yang dapat dimanfaatkan di alam ini jumlahnya terbatas. Air tawar tersebut berasal dari siklus air (daur hidrologi) secara alami. Oleh karena itu, hemat dalam pemakaian air, dan memanfaatkan air ‘bekas pakai’ dengan sebaik-baiknya, serta mencegah terjadinya pencemaran air menjadi hal yang penting untuk diperhatikan dan dipatuhi.

Air merupakan sumber daya yang mempunyai nilai ekonomis. Nilai ekonomi akan berbeda di setiap lokasi karena ketersediaannya. Selain itu, nilai ekonomi akan semakin tinggi karena air menjadi salah satu input untuk proses industri berbagai produk yang memerlukan air, seperti industri yang memproduksi minuman, industri berbagai produk. Pada kondisi jumlah yang membutuhkan semakin meningkat maka potensi terjadinya konflik sangat besar sehingga perlu berhati-hati dalam memanfaatkannya serta perlu praktik pengelolaan yang baik.

B. WUJUD DAN SIFAT AIR

Keberadaan air di muka bumi dapat berwujud sebagai uap air, awan, air hujan, air laut, salju, air permukaan (mata air, air sungai, air danau, air rawa), dan air tanah. Air mempunyai rumus kimia H_2O . Satu molekul air terbentuk dari dua atom hidrogen dan satu atom oksigen. Air adalah zat pelarut yang banyak diperlukan untuk melarutkan sebagai senyawa kimia maupun zat lainnya yang ingin diencerkan. Selain itu air juga dapat dinamakan pelarut universal karena hampir semua zat dapat larut dalam air. Oleh karena itu, banyak senyawa atau larutan cair yang dapat dengan mudah dilakukan pengenceran maupun pelarutan dengan menambahkan air. Banyak cairan senyawa tertentu dapat dilakukan pengentalan dengan menguapkan cairannya sehingga menjadi kental karena volume airnya berkurang atau kandungan airnya menjadi kurang. Dengan demikian, berbagai cairan yang merupakan senyawa kimia mengandung unsur kimia yang bervariasi serta jumlah air atau kadar air yang berbeda dalam cairan tersebut.

Suatu badan air yang menjadi sumber air baku di permukaan bumi sering menerima buangan limbah sehingga menjadi tercemar. Kondisi badan air yang air bakunya tergolong tercemar karena tidak cukup mendapatkan pengenceran dengan air baku yang murni (H_2O). Pengenceran di badan-badan air akan tergantung dari kondisi *inflow* kualitas air baku sebagai pengencer alaminya. Selain itu, apabila air melintasi suatu media tanah yang mempunyai kadar pencemar yang tinggi maka jika aliran air ini masuk ke badan air, air baku di badan air tersebut juga menjadi tercemar. Untuk itu, keberhasilan pengelolaan air dari aspek kualitas air sangat dipengaruhi oleh interaksi antara air dengan kualitas media yang dilalui oleh air serta pengelolaan limbah yang dibuang ke dalam air baku di suatu badan air.

Air mempunyai sifat yang berbeda karena dapat berubah wujud menjadi zat cair sebagai air, menjadi gas sebagai uap air, atau padatan sebagai es. Perubahan wujud tersebut melalui proses pencairan, penguapan, dan pembekuan. Perubahan tersebut juga dapat berupa proses sublimasi yang berubah dari zat padat menjadi gas dan proses kondensasi yang berubah dari gas menjadi cairan. Semua proses perubahan wujud dari air tersebut dipengaruhi oleh temperatur. Pada temperatur di atas $100^\circ C$ air berubah menjadi uap air, sedangkan pada temperatur $0^\circ C$ berubah menjadi es. Untuk mengubah air dari wujud padat ke cair atau wujud cair ke gas diperlukan energi.

C. DASAR PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR DI INDONESIA:

Sesuai dengan Undang-Undang Sumber Daya Air Nomor 7 Tahun 2004, Indonesia mengadopsi Kebijakan Pengelolaan Sumber Daya Air secara terpadu (*Integrated Water Resources Management – IWRM*) yang menjadi perhatian dunia internasional untuk meningkatkan pengelolaan sumber daya air dalam mencapai kesejahteraan umum dan pelestarian lingkungan. Sejalan dengan konsep IWRM yang berkembang di forum internasional, beberapa tindakan telah diambil di tingkat nasional dan daerah dalam rangka reformasi kebijakan sumber daya air.

Pengelolaan sumber daya air merupakan suatu proses yang mendorong keterpaduan antara pembangunan dan pengelolaan air, tanah, dan sumber daya lainnya, dengan tujuan untuk memaksimalkan kesejahteraan sosial ekonomi dan memperhatikan keberlanjutan ekosistem.

Disamping itu, pengelolaan sumber daya air merupakan suatu metode untuk merumuskan pola dan rencana pengelolaan sumber daya air, dan bukan merupakan tujuan akhir. Pola merupakan perencanaan strategis yang melibatkan identifikasi kebutuhan dari para pemangku kepentingan dalam satu wilayah sungai, sehingga kerangka dasar yang telah disusun dapat disepakati oleh para pemangku kepentingan terkait.

Reformasi dalam pengelolaan sumber daya air merupakan salah satu tindakan penting untuk mengatasi pengentasan kemiskinan, ketahanan pangan dan energi, serta konservasi sumber daya alam. Dalam pelaksanaannya, telah disempurnakannya beberapa undang-undang dan peraturan serta kebijakan, antara lain diberlakukannya Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air (UU SDA) yang telah mencakup prinsip-prinsip IWRM dan Peraturan Presiden (Perpres No. 12 tahun 2008) tentang Dewan Sumber Daya Air dan Kebijakan Nasional tentang Pengelolaan Sumber Daya Air. Undang-undang ini bertujuan untuk pelaksanaan pengelolaan sumber daya air secara menyeluruh, berkelanjutan, dan melalui pendekatan terbuka sehingga memberikan pilihan bagi masyarakat bisnis dan organisasi non-pemerintah untuk berpartisipasi dalam proses perencanaan dan pelaksanaan pengelolaan sumber daya air terpadu.

Pelaksanaan kegiatan pengelolaan sumber daya air yang didasarkan pada Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2004 tersebut di atas dipertegas dengan adanya Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 42 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sumber Daya Air secara khusus

menjabarkan mekanisme pengelolaan sumber daya air dengan mengacu sebuah pola pengelolaan sumber daya air. Pola ini akan disusun pada setiap wilayah sungai yang penetapannya diatur dalam Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 tentang Penetapan Wilayah Sungai, telah menetapkan 131 Wilayah Sungai (WS) yang terdiri dari 5 WS Lintas Negara, 29 WS Lintas Provinsi, 29 WS Strategis Nasional, 53 WS Lintas Kabupaten/Kota dan 15 WS dalam wilayah satu Kabupaten/Kota sesuai dengan kewenangannya masing-masing. Selanjutnya, Peraturan Pemerintah Nomor 42 Tahun 2008 tentang pengelolaan sumber daya air telah diatur secara teknis bagaimana mengelola wilayah sungai dengan membuat Pola Pengelolaan Sumber Daya Air di setiap Wilayah Sungai. Pola Pengelolaan Sumber Daya Air yang merupakan kerangka dasar dalam merencanakan, melaksanakan, memantau, dan mengevaluasi kegiatan konservasi sumber daya air, pendayagunaan sumber daya air, dan pengendalian daya rusak air dengan prinsip keterpaduan antara air permukaan dan air tanah dengan melibatkan peran serta masyarakat dan dunia usaha.

Menghadapi berbagai permasalahan sumber daya air yang semakin hari semakin rumit dengan adanya peningkatan akan kebutuhan air yang sejalan dengan bertambahnya jumlah penduduk serta yang diiringi dengan pertumbuhan sosial-ekonomi. Selain itu, kekeliruan dalam pengelolaan sumber daya air menyebabkan upaya untuk meningkatkan kebutuhan akan air telah menimbulkan eksploitasi sumber daya air secara berlebihan sehingga mengakibatkan penurunan daya dukung lingkungan sumber daya air yang pada gilirannya menurunkan kemampuan pasokan air.

Gejala degradasi fungsi lingkungan sumber daya air ditandai dengan fluktuasi debit air di musim hujan dan kemarau yang semakin tajam, pencemaran air, berkurangnya kapasitas waduk, dan lainnya. Disamping tantangan fisik tersebut, pengelolaan sumber daya air juga mengalami tantangan dalam penanganannya seperti tidak tercukupinya dana operasi dan pemeliharaan, lemahnya koordinasi antar instansi terkait dan masih kurangnya akuntabilitas, transparansi serta partisipasi para pihak yang dilaksanakan secara *good governance*. Maka sesuai dengan dasar pengaturan yang ditetapkan dalam UU dan PP tersebut di atas maka prinsip pengelolaan sumber daya air yang mengandung visi dan misi dan pola pengelolaan sumber daya air yang tepat sudah dapat ditetapkan untuk dijadikan pegangan kebijakan, program, dan kegiatan pengelolaan air di Indonesia.

1. Visi dan Misi

Visi pengelolaan sumber daya air antara lain harus menetapkan terwujudnya kemanfaatan sumber daya air bagi kesejahteraan seluruh rakyat. Dengan visi tersebut, maka misi pengelolaan sumber daya air adalah sebagai berikut:

- a. Konservasi atau perlindungan sumber daya air
- b. Pendayagunaan sumber daya air yang meliputi upaya penatagunaan, penyediaan, penggunaan, pengembangan, dan pengusahaan.
- c. Pengendalian dan penanggulangan daya rusak air
- d. Pemberdayaan dan peningkatan peran masyarakat, swasta dan pemerintah
- e. Peningkatan ketersediaan dan keterbukaan data dan informasi sumber daya air termasuk sistem prasarana dan sarananya.

2. Pola Pengelolaan Sumber Daya Air

Untuk melaksanakan visi dan misi pengelolaan sumberdaya air tersebut perlu disusun suatu Pola Pengelolaan Sumber daya Air agar semua kegiatan mempunyai satu pedoman dan arahan sesuai dengan yang ditetapkan dalam visi dan misi. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 42 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sumberdaya Air, pasal 1 ayat (8), menyebutkan bahwa pola pengelolaan sumber daya air adalah kerangka dasar dalam merencanakan, melaksanakan, memantau, dan mengevaluasi kegiatan konservasi sumber daya air, pendayagunaan sumber daya air, dan pengendalian daya rusak air, sehingga pola pengelolaan sumber daya air diselenggarakan berdasarkan beberapa kaidah sebagai berikut:

- a. Pengelolaan sumber daya air didasarkan pada kaidah satu sungai, satu rencana induk, dan satu manajemen terkoordinasi dengan menggunakan pendekatan wilayah sungai sebagai kesatuan wilayah pengelolaan.
- b. Untuk terselenggaranya pengelolaan sumber daya air secara berkelanjutan maka upaya pendayagunaan sumber daya air harus diimbangi dengan upaya konservasi yang memadai.
- c. Proses penyusunan rencana induk diselenggarakan melalui pelibatan peran seluas-luasnya semua unsur pihak yang berkepentingan.
- d. Penetapan kebijakan operasional pengelolaan sumber daya air diselenggarakan secara demokratis dengan pelibatan semua yang berkepentingan dalam wadah koordinasi berdasarkan asas, yaitu keseimbangan antara fungsi sosial dan ekonomi, kemanfaatan umum,

kelestarian, keadilan, keterpaduan, kemandirian, keterbukaan, dan akuntabilitas publik.

- e. Implementasi kebijakan dilaksanakan oleh badan pengelola yang mandiri, profesional, dan akuntabel.
- f. Masyarakat dan semua unsur pihak yang berkepentingan dilibatkan dalam keseluruhan proses perencanaan, pengambilan keputusan kebijakan pengelolaan, dan pelaksanaan pembangunan.
- g. Biaya pengelolaan sumber daya air ditanggung bersama oleh penerima manfaat melalui penerapan prinsip pembayaran penggunaan air dan prinsip pembayaran polusi atas dasar sistem subsidi silang menurut norma kelayakan umum.
- h. Reformasi kebijakan sumber daya air mencakup kebijakan sumber daya air (non irigasi) dan kebijakan irigasi.

Adapun tujuan utama dalam pola dan rencana pengelolaan sumber daya air adalah untuk keamanan dan ketahanan sumber daya air itu sendiri. Ketahanan air (*water security*) adalah ketersediaan baik kuantitas maupun kualitas air untuk kehidupan, kesehatan, dan untuk keberlanjutan ekosistem itu sendiri. Ketersediaan air yang memadai baik kuantitas dan kualitasnya dapat mendukung ketahanan pangan dan ketahanan energi.

Untuk mencapai tujuan *water security*, *food security*, hingga *energy security*, maka pengembangan sumber daya manusia mutlak diperlukan untuk peningkatan kapasitas teknisnya, selain itu penguatan kelembagaan melalui wadah koordinasi atau Tim Koordinasi Pengelolaan Sumber Daya Air (TKPSDA) perlu mendapat perhatian, serta tidak melupakan pula mengenai pembiayaan yang berdasarkan kebutuhan masing-masing pemangku kepentingan.

D. BEBERAPA ISTILAH PENTING DALAM PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR

Untuk dapat melaksanakan pengelolaan sumber daya air perlu dimengerti beberapa istilah yang berlaku seperti berikut:

1. Pengelolaan sumber daya air adalah upaya merencanakan, melaksanakan, memantau, dan mengevaluasi penyelenggaraan konservasi sumber daya air, pendayagunaan sumber daya air, dan pengendalian daya rusak air.

2. Sumber daya air adalah air, sumber air, dan daya air yang terkandung di dalamnya.
3. Air adalah semua air yang terdapat pada, di atas, ataupun di bawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini adalah air permukaan, air tanah, air hujan, dan air laut yang berada di darat.
4. Air permukaan adalah semua air yang terdapat pada permukaan tanah.
5. Air tanah adalah semua air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah.
6. Sumber air adalah tempat atau wadah air alami dan/atau buatan yang terdapat pada, di atas, ataupun di bawah permukaan tanah.
7. Pola Pengelolaan Sumber Daya Air merupakan dokumen yang digunakan sebagai pedoman bagi seluruh pemangku kepentingan (*stakeholders*), serta berisikan mengenai dasar-dasar pertimbangan pengelolaan sumber daya air, skenario kondisi wilayah sungai pada masa yang akan datang, strategi pengelolaan sumber daya air, dan kebijakan operasional untuk melaksanakan strategi pengelolaan sumber daya air tersebut. Pola pengelolaan sumber daya air menjadi kerangka dasar dalam merencanakan, melaksanakan, memantau, dan mengevaluasi kegiatan konservasi sumber daya air, pendayagunaan sumber daya air, dan pengendalian daya rusak air.
8. Konservasi sumber daya air adalah upaya memelihara keberadaan serta keberlanjutan keadaan, sifat, dan fungsi sumber daya air agar senantiasa tersedia dalam kuantitas dan kualitas yang memadai untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup baik pada waktu sekarang maupun generasi yang akan datang.
9. Pendayagunaan sumber daya air adalah upaya penatagunaan, penyediaan, penggunaan, pengembangan, dan pengusahaan sumber daya air secara optimal agar berhasil guna dan berdaya guna.
10. Pengendalian daya rusak air adalah upaya untuk mencegah, menanggulangi, dan memulihkan kerusakan kualitas lingkungan yang disebabkan oleh daya rusak air.
11. Daya rusak air adalah daya air yang dapat merugikan kehidupan.
12. Wilayah sungai adalah kesatuan wilayah pengelolaan sumber daya air dalam satu atau lebih daerah aliran sungai dan/atau pulau-pulau kecil yang luasnya kurang dari atau sama dengan 2.000 km².
13. Daerah aliran sungai adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungai, yang berfungsi

menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alamiah yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

14. Cekungan air tanah adalah suatu wilayah yang dibatasi oleh batas hidrogeologis, tempat semua kejadian hidrogeologi, seperti proses pengimbuhan, pengaliran, dan pelepasan air tanah berlangsung.
15. Pelindungan sumber air adalah upaya pengamanan sumber air dari kerusakan yang ditimbulkan baik akibat tindakan manusia maupun gangguan yang disebabkan oleh daya alam.
16. Pengawetan air adalah upaya pemeliharaan keberadaan dan ketersediaan air atau kuantitas air agar tersedia sesuai dengan fungsi dan manfaatnya.
17. Pengelolaan kualitas air adalah upaya mempertahankan dan memulihkan kualitas air yang masuk dan yang berada di sumber air.
18. Zona pemanfaatan sumber air adalah ruang pada sumber air yang dialokasikan baik sebagai fungsi lindung maupun sebagai fungsi budi daya.
19. Peruntukan air adalah penggolongan air pada sumber air menurut jenis penggunaannya.
20. Penyediaan sumber daya air adalah penentuan dan pemenuhan volume air per satuan waktu untuk memenuhi kebutuhan air dan daya air serta memenuhi berbagai keperluan sesuai dengan kualitas dan kuantitas.
21. Penggunaan sumber daya air adalah pemanfaatan sumber daya air dan prasarannya sebagai media dan/atau materi.
22. Prasarana sumber daya air adalah bangunan air beserta bangunan lain yang menunjang kegiatan pengelolaan sumber daya air baik langsung maupun tidak langsung.
23. Pengembangan sumber daya air adalah upaya peningkatan kemanfaatan fungsi sumber daya air guna memenuhi kebutuhan air baku untuk berbagai keperluan.
24. Wadah koordinasi pengelolaan sumber daya air adalah institusi tempat segenap pemilik kepentingan dalam bidang sumber daya air melakukan koordinasi dalam rangka mengintegrasikan kepentingan berbagai sektor, wilayah, dan para pemilik kepentingan dalam bidang sumber daya air.
25. Dewan Sumber Daya Air Nasional adalah wadah koordinasi pengelolaan sumber daya air tingkat nasional.



LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Jelaskan keberhasilan pengelolaan sumber daya air dilihat dari aspek kualitas air dari air baku yang ada di suatu badan air.
- 2) Jelaskan landasan aturan dan kebijakan tentang pelaksanaan pengelolaan sumber daya air di Indonesia yang telah mencakup masalah pengentasan kemiskinan, ketahanan pangan dan energi serta konservasi sumber daya alam khususnya air.

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Untuk menjawab soal latihan 1, maka harus difahami air sebagai sumberdaya alam yang terbatas dan wujud serta sifat air
- 2) Untuk menjawab soal latihan 1 tersebut maka harus dipahami UU No. 7 tahun 2004 tentang sumberdaya air dan PP No, 42 tahun 2008 tentang pengelolaan sumberdaya air.



RANGKUMAN

Sumber daya air merupakan salah satu sumber daya alam yang utama baik untuk kehidupan flora, fauna, dan manusia di muka bumi maupun untuk kebutuhan manusia dalam memenuhi kebutuhan berbagai sektor kehidupan. Sebagai sumber daya alam, jumlah ketersediaannya terbatas maka perlu dikelola dengan baik agar yang membutuhkan air dapat mendapatkan akses yang sama. Selain keberadaan air di bumi terbatas, sebenarnya penyebarannya di muka bumi ini juga tidak merata baik tidak merata dari segi lokasi atau spasial maupun dipandang dari segi temporal atau penyebaran waktu selama satu tahun juga tidak merata. Selain itu, air juga merupakan sumber daya yang mempunyai nilai ekonomis karena air menjadi salah satu input untuk proses industri berbagai produk yang memerlukan air, seperti industri yang memproduksi minuman dan makanan.

Reformasi dalam pengelolaan sumber daya air merupakan salah satu tindakan penting untuk mengatasi pengentasan kemiskinan, ketahanan pangan dan energi, serta konservasi sumber daya alam. Dalam kaitan ini,

telah disempurnakannya beberapa undang-undang dan peraturan serta kebijakan, antara lain diberlakukannya Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air (UU SDA) yang telah mencakup prinsip-prinsip IWRM dan Peraturan Presiden tentang Dewan Sumber Daya Air dan Kebijakan Nasional tentang Pengelolaan Sumber Daya Air. Pelaksanaan kegiatan pengelolaan sumber daya air yang didasarkan pada undang-undang tersebut menjabarkan mekanisme pengelolaan sumber daya air dengan mengacu sebuah pola pengelolaan sumber daya air. Pola ini akan disusun pada setiap wilayah sungai yang penetapannya diatur dalam Keputusan Presiden. Pola Pengelolaan Sumber Daya Air yang merupakan kerangka dasar dalam merencanakan, melaksanakan, memantau, dan mengevaluasi kegiatan konservasi sumber daya air, pendayagunaan sumber daya air, dan pengendalian daya rusak air dengan prinsip keterpaduan antara air permukaan dan air tanah dengan melibatkan peran masyarakat dan dunia usaha.



TES FORMATIF 1

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Air sebagai sumber daya yang sangat penting dalam kehidupan makhluk hidup harus dikelola dengan tepat, sebab:
 - A. keberadaan air di bumi tidak terbatas
 - B. penyebaran air di permukaan bumi merata secara spasial
 - C. penyebaran air dari sisi waktu tidak merata
 - D. A, B dan C benar

- 2) Pengelolaan sumber daya air adalah:
 - A. upaya memelihara keberadaan serta keberlanjutan keadaan, sifat, dan fungsi sumber daya air agar senantiasa tersedia dalam kuantitas dan kualitas yang memadai untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup baik pada waktu sekarang maupun generasi yang akan datang.
 - B. upaya penatagunaan, penyediaan, penggunaan, pengembangan, dan pengusahaan sumber daya air secara optimal agar berhasil guna dan berdaya guna.
 - C. upaya merencanakan, melaksanakan, memantau, dan mengevaluasi penyelenggaraan konservasi sumber daya air, pendayagunaan sumber daya air, dan pengendalian daya rusak air.
 - D. upaya untuk mencegah, menanggulangi, dan memulihkan kerusakan kualitas lingkungan yang disebabkan oleh daya rusak air.

- 3) Pengelolaan sumber daya air bertujuan untuk, *kecuali*:
 - A. konservasi atau perlindungan sumber daya air
 - B. pengendalian dan penanggulangan daya rusak air
 - C. pendayagunaan sumber daya air yang meliputi upaya penatagunaan, penyediaan, penggunaan, pengembangan dan pengusahaaan.
 - D. peningkatan ketersediaan dan keterbukaan data dan informasi sumber daya air, selain prasarana, dan sarananya.

- 4) Kompleksitas permasalahan sumber daya air antara lain:
 - A. peningkatan kebutuhan air berbanding terbalik dengan pertumbuhan jumlah penduduk.
 - B. eksploitasi sumber daya air untuk pemenuhan kebutuhan.
 - C. peningkatan daya dukung lingkungan
 - D. kemampuan pasokan air yang *sustainable*

- 5) Tantangan dalam penanganan pengelolaan sumber daya air, diantaranya:
 - A. dana operasi dan pemeliharaan yang tidak terbatas
 - B. adanya transparansi dan akuntabilitas
 - C. koordinasi yang baik antar instansi terkait
 - D. lemahnya partisipasi para pihak yang dilaksanakan secara *good governance*

- 6) Kebijakan Pengelolaan Sumber Daya Air secara terpadu (*Integrated Water Resources Management – IWRM*), penetapannya diatur dalam:
 - A. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 42 Tahun 2008
 - B. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 11A/PRT/M/2006
 - C. Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2004
 - D. UUD Negara Republik Indonesia pasal 33 ayat 3

- 7) Pola pengelolaan sumber daya air diselenggarakan berdasarkan beberapa kaidah, diantaranya:
 - A. proses penyusunan rencana induk diselenggarakan melalui pelibatan peran pihak yang paling berkepentingan.
 - B. reformasi kebijakan sumber daya air hanya mencakup kebijakan sumber daya air non irigasi
 - C. pengelolaan sumber daya air dengan prinsip satu sungai, satu rencana induk, dan satu manajemen terkoordinasi dengan menggunakan pendekatan wilayah sungai sebagai kesatuan wilayah pengelolaan.
 - D. biaya pengelolaan sumber daya air perlu ditanggung oleh pemerintah

- 8) Salah satu tujuan dalam pola pengelolaan sumberdaya air adalah:
- A keamanan dan ketahanan sumberdaya air
 - B penguatan kelembagaan
 - C mendukung ketahanan pangan nasional
 - D ketersediaan air yang memadai baik kuantitas dan kualitas
- 9) Upaya pengamanan sumber air dari kerusakan yang ditimbulkan baik akibat tindakan manusia maupun gangguan yang disebabkan oleh daya alam, merupakan definisi:
- A. pengelolaan kualitas air
 - B. pelindungan air
 - C. pengelolaan sumber daya air
 - D. pengawetan air
- 10) Institusi tempat segenap pemilik kepentingan dalam bidang sumber daya air melakukan koordinasi dalam rangka mengintegrasikan kepentingan berbagai sektor, wilayah, dan para pemilik kepentingan dalam bidang sumber daya air, disebut:
- A. Dewan Sumberdaya Air Nasional
 - B. Wadah koordinasi pengelolaan sumber daya air
 - C. Kelompok petani pengguna air
 - D. Kementerian Pekerjaan Umum

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 1 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 1.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali
 80 - 89% = baik
 70 - 79% = cukup
 < 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, **Bagus!** Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 2. Namun, jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 1, terutama bagian yang belum dikuasai.

KEGIATAN BELAJAR 2

Hidrologi, Neraca Air, dan Sistem Perairan

☉ Dalam melaksanakan kegiatan pengelolaan sumber daya air, selain memahami tujuan dan sistem pengelolaan air untuk memenuhi kebutuhan manusia dan lingkungan juga memerlukan pemahaman tentang ilmu hidrologi dan sistem perairan. Hubungan antara keberhasilan pengelolaan dengan hidrologi dan sistem perairan sangat kuat, yaitu keberadaan air dalam bentuk jumlah, waktu, dan kualitasnya terkait dengan proses hidrologi dan sistem perairan tersebut.

Dalam hidrologi dijelaskan secara umum adanya siklus hidrologi dan proses hidrologi. Perputaran air di bumi yang terjadi merupakan siklus air yang menyebabkan air berpindah baik dalam bentuk maupun jumlahnya. Sementara pergerakan air dalam siklus hidrologi ini merupakan proses hidrologi yang setiap menjadi suatu rantai dari mata rantai siklus hidrologi secara keseluruhan. Pemahaman terhadap setiap proses hidrologi dalam pengelolaan sumber daya air sangat penting untuk membantu apakah pada setiap proses tersebut dapat dilakukan upaya yang dapat meningkatkan kinerja pengelolaan secara keseluruhan.

Sistem perairan dalam pengelolaan sumber daya air mempunyai peran dalam mengidentifikasi potensi sumber daya air dan nilai ekosistem air dalam perairan tertentu, serta dapat menjelaskan perubahan mutu air dan manfaat air dalam perspektif lingkungan. Dalam pengelolaan sumber daya air, sistem rawa atau danau, sungai maupun jaringan saluran buatan dapat diupayakan pemanfaatannya untuk meningkatkan kinerja sumber daya air secara keseluruhan.

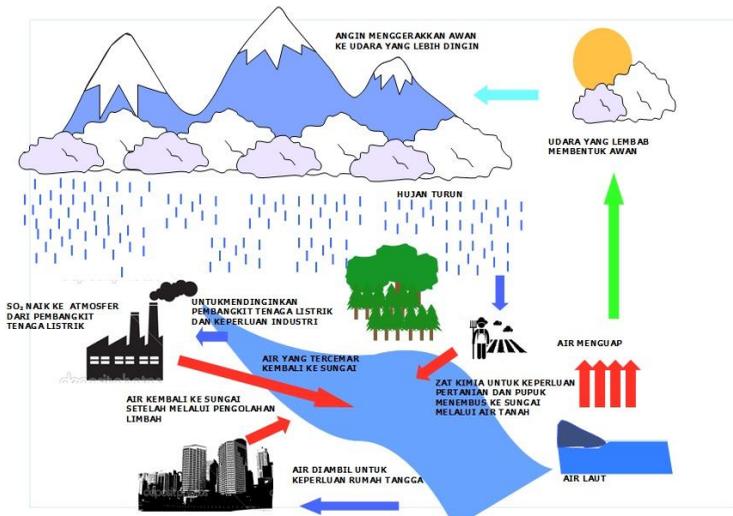
A. HIDROLOGI

Air di muka bumi menyebar dan mengalami sirkulasi berdasarkan proses fisik, mekanika, kimia air yang secara keilmuan dirangkum dan dinamakan sebagai ilmu hidrologi. Secara singkat, *Hidrologi adalah cabang ilmu yang mempelajari air di bumi, dalam hal ini hidrologi berdasarkan etimologi, berasal dari dua kata, yaitu hidro yang artinya air, dan logos yang berarti*

ilmu. Dalam perkembangannya, hidrologi saat ini melingkupi mulai dari terjadinya air, sebaran atau distribusi air di bumi, dan mekanisme penyebaran dan gerakan air di bumi baik di atas maupun di bawah permukaan bumi, tentang sifat fisik, kimia air sampai dengan reaksinya terhadap lingkungan dan hubungannya dengan kehidupan manusia maupun makhluk yang lain. Secara singkat, hidrologi dapat diartikan sebagai ilmu tentang keberadaan air dan penyebarannya di bumi.

1. Siklus hidrologi

Pergerakan sirkulasi air di bumi yang dimulai air dari daratan ke atmosfer dan kembali ke daratan melalui proses-proses, seperti evaporasi, dan transpirasi, kondensasi, presipitasi, infiltrasi, perkolasi, runoff merupakan suatu siklus, yang dinamakan siklus hidrologi. Proses-proses tersebut dinamakan sebagai proses hidrologi sehingga kelancaran sirkulasi siklus air tersebut sangat dipengaruhi oleh kelancaran setiap proses tersebut. Misalnya, adanya hujan di permukaan tanah akan diikuti oleh terjadinya infiltrasi air ke dalam tanah, tetapi apabila permukaan air itu kedap oleh lapisan beton maka tidak terjadi infiltrasi ke dalam tanah, tetapi terjadi *run off* atau aliran permukaan yang sering kali menyebabkan genangan atau banjir.



Gambar 1.1
Siklus Hidrologi

2. Proses Hidrologi

Proses hidrologi adalah proses penyebaran air di muka bumi. Proses tersebut dapat dijelaskan mulai dari proses: evaporasi, yaitu penguapan permukaan air terbuka dan permukaan tanah serta transpirasi, yaitu penguapan dari permukaan tanaman. Uap air hasil penguapan ini pada ketinggian tertentu akan menjadi awan, kemudian beberapa sebab awan akan berkondensasi menjadi presipitasi (presipitasi = yang diendapkan atau dijatuhkan), dapat dalam bentuk salju, hujan es, hujan, dan embun. Air hujan yang jatuh kadang-kadang tertahan oleh tajuk (ujung-ujung daun), oleh daunnya sendiri atau oleh bangunan dan sebagainya. Hal ini diberi istilah intersepsi. Besarnya intersepsi pada tanaman, tergantung dari jenis tanaman dan tingkat pertumbuhan. Air hujan yang mencapai tanah, sebagian berinfiltrasi (menembus permukaan tanah), sebagian lagi menjadi aliran air di atas permukaan (*over land flow*), kemudian terkumpul pada saluran. Aliran air ini disebut *surface run off*. Hasil infiltrasi sebagian besar menjadi aliran air bawah permukaan (*interflow/sub surface flow/through flow*), dan sebagian lagi akan membasahi tanah.

Di dalam tanah, air akan mengisi ruang pori tanah dan apabila ruangan pori tersebut telah dipenuhi oleh air tanah akan menjadi jenuh. Pada kondisi jenuh ini, air yang datang tidak dapat ditampung karena kapasitas tanah untuk menampung air sudah penuh, dan air akan mengalir ke arah yang lebih rendah atau kering, dalam hal ini apabila kapasitas kebasahan tanah/*soil moisture* ini terlampaui maka kelebihan airnya akan berperkolasi (mengalir vertikal) mencapai air tanah. Aliran air tanah (*ground water flow*) sesuai dengan hukum-hukum fisika. Air yang mengalir itu pada suatu situasi dan kondisi tertentu akan mencapai danau, sungai, dan lautan menjadi *depression storage* (simpanan air yang disebabkan oleh kubangan/cekungan), saluran, dan sebagainya, seterusnya air akan mencari tempat lebih rendah.

Sirkulasi air yang berpola siklus itu tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali ke atmosfer melalui kondensasi, presipitasi, evaporasi, dan transpirasi. Pemanasan air samudra oleh sinar matahari merupakan kunci proses siklus hidrologi tersebut dapat berjalan secara kontinu. Air berevaporasi, kemudian jatuh sebagai presipitasi dalam bentuk hujan air, hujan es (padatan maupun berupa salju), maupun kabut. Pada pergerakan dari udara saat menjadi uap menuju bumi, air dapat berevaporasi kembali ke udara. Pada kejadian hujan yang jatuh pada lahan bervegetasi maka air tidak langsung jatuh ke permukaan tanah, tetapi jatuh pada vegetasi yang

kemudian dinamakan *intersepsi*, yaitu air melalui pepohonan diintersepsi oleh tanaman sebelum akhirnya mencapai permukaan tanah. Penyebaran air dari suatu tempat ke tempat yang lain di bumi mengikuti suatu siklus hidrologi. Siklus ini terjadi karena adanya beberapa proses hidrologi sebagai berikut.

a. *Evaporasi/evapotranspirasi*

Evaporasi atau evapotranspirasi merupakan proses penguapan air dari tanah atau permukaan air (*evaporasi*) atau dari tanaman (*transpirasi*), sedangkan terjadinya penguapan dari suatu wilayah yang bervegetasi dinamakan evapotranspirasi. Penguapan yang terjadi dari permukaan air dapat berasal dari permukaan air bebas yang ada di laut, di badan air, di daratan, seperti sungai, danau, dan rawa-rawa. Ketika air dipanaskan oleh sinar matahari, ikatan molekul-molekul air menjadi longgar karena adanya pengembangan atau pemuaiian sehingga akhirnya terlepas menjadi molekul air terpisah yang dinamakan sebagai uap air.

b. *Presipitasi*

Uap air yang berasal dari proses evaporasi dan evapotranspirasi tersebut bergerak ke udara (*atmosfer*) dan kemudian akan menjadi awan. Pada keadaan jenuh, uap air (awan) itu akan menjadi titik-titik air yang selanjutnya akan turun dalam bentuk hujan, salju, dan es.

c. *Infiltrasi*

Infiltrasi merupakan proses masuknya air ke dalam tanah melalui lapisan permukaan tanah. Pada kondisi tanah kering maka kecepatan infiltrasi air masuk ke dalam tanah tersebut lebih besar daripada kondisi tanah basah. Besarnya kecepatan infiltrasi maksimum yang terjadi pada suatu permukaan tanah disebut kapasitas infiltrasi.

d. *Perkolasi*

Perkolasi merupakan proses gerakan aliran air di dalam tanah. Setelah air masuk ke dalam tanah melalui lapisan permukaan tanah (infiltrasi) maka apabila dalam tanah tersebut sudah mencapai jenuh akan terjadi lapisan air yang mengisi ruang pori tanah. Pada kondisi jenuh ini maka akan terjadi aliran ke bawah menuju lapisan tanah yang terletak lebih dalam melalui celah-celah dan pori-pori tanah dan batuan, yang akhirnya

sampai pada batas muka air tanah. Proses perkolasi ini merupakan pergerakan air yang penting untuk mengisi cadangan air tanah. Selain pergerakan air ke bawah yang disebabkan oleh gaya gravitasi, air dapat bergerak secara horizontal atau bahkan vertikal yang disebabkan adanya gaya kapiler.

e. Aliran Permukaan (*Run off*)

Proses penyebaran air di permukaan tanah disebut juga aliran permukaan atau *run off*. Proses ini terjadi akibat adanya sejumlah air yang tertampung baik di badan air maupun di tempat-tempat cekungan pada waktu hujan ketika kecepatannya air berinfiltrasi lebih kecil dibandingkan dengan intensitas hujan yang jatuh sehingga terjadi genangan yang pada gilirannya apabila tumpukan cekungan tersebut terlampaui maka air akan mengalir ke arah yang lebih rendah. Air yang mengalir di permukaan tanah ini disebabkan adanya perbedaan tekanan potensial air akibat gaya gravitasi. Apabila jumlah air pada proses aliran permukaan ini sangat besar maka menjadi luapan aliran permukaan atau sering dinamakan banjir.

Untuk mengurangi besarnya aliran permukaan ini dapat dilakukan dengan memperbesar laju infiltrasi atau daya tampung cekungan-cekungan di daerah hulu. Di daerah yang laju infiltrasinya rendah maka apabila terjadi hujan akan mudah menjadi aliran permukaan yang mengalir ke bagian hilir, seperti banyak terjadi pada daerah-daerah terbangun yang dikembangkan di wilayah perkotaan.

Aliran permukaan yang mengalir ke sungai bergabung menjadi suatu sistem sungai yang disebut daerah aliran sungai. Satu sistem sungai ini akan menampung seluruh aliran permukaan dalam suatu wilayah yang disebut wilayah sungai dan mengalir ke bagian hilir terus menuju muara sungai dan akhirnya ke laut.

B. PENGUKURAN ALIRAN AIR

Di dalam pengelolaan sumber daya air, pengukuran aliran air merupakan kegiatan yang mutlak dilakukan. Data hasil pengukuran tersebut selanjutnya menjadi dasar perhitungan untuk berbagai kegiatan yang berkenaan dengan pemanfaatan sumber daya air dalam kebutuhan hidup manusia dan lingkungannya. Dengan demikian ketepatan pengukuran yang dilakukan

merupakan tuntutan yang harus dipenuhi dan tidak dapat dikurangi. Aliran air yang akan diukur debitnya dapat dibedakan menjadi dua kelompok besar, yaitu

1. aliran permukaan di sungai, dan
2. aliran air irigasi atau pada saluran-saluran buatan manusia.

Perbedaan mendasar kedua kelompok aliran tersebut adalah keteraturan dari dimensi bentuk aliran, yaitu pada aliran di sungai mempunyai bentuk aliran yang sangat bervariasi, sedangkan pada saluran buatan mempunyai bentuk aliran yang tertentu karena dibuat dengan kapasitas debit aliran yang sudah ditentukan.

Di dalam pengukuran ini akan disajikan berbagai cara yang biasa dilakukan untuk melakukan pengukuran debit untuk kedua kelompok tersebut.

1. Pengukuran Air Pada Aliran Permukaan

Pengukuran air pada aliran permukaan merupakan kegiatan untuk mengetahui besarnya debit aliran permukaan yang mengalir di sungai. Untuk mengetahui besarnya debit sungai ini dapat dilakukan pengukuran secara langsung atau dengan melakukan pendugaan. Faktor yang mempengaruhi besarnya aliran permukaan pada dasarnya dapat dibedakan menjadi dua, yaitu a) karakteristik curah hujan, dan b) keadaan daerah aliran sungai, yang dipengaruhi oleh luas, bentuk, jenis batuan, topografi, vegetasi serta cara penggunaan tanah.

a. Pendugaan Debit Aliran Permukaan Dengan Data Hujan

Untuk mengetahui dan memperkirakan besarnya debit aliran permukaan yang terjadi, biasanya dapat digunakan beberapa metoda, antara lain Metoda Rasional dan Metoda *Soil Conservation Service* (SCS) yang telah dikembangkan di Amerika Serikat berdasarkan hasil penelitian, serta percobaan lapangan; maupun rumus-rumus empiris tentang pendugaan debit. Berikut ini akan disajikan beberapa metoda yang dilakukan untuk menghitung debit aliran permukaan dengan data hujan.

1) Metoda Rasional

Metoda ini mempunyai beberapa asumsi yang menyangkut kejadian hujan dan waktu tempuh hujan untuk mencapai *outlet* sebagai berikut.

- a) Intensitas hujan rata-rata dalam jangka waktu tertentu dianggap mempunyai peluang yang sama dengan intensitas hujan rata-rata dalam jangka waktu yang sama.
- b) Lama terjadinya hujan sama dengan jangka waktu konsentrasi (*time of concentration*), yaitu lama waktu semenjak hujan jatuh di tempat yang terjauh di hulu sampai saat aliran permukaan mulai mengalir pada titik keluar (*outlet*) di ujung hilir suatu daerah aliran sungai.

Berdasarkan kedua asumsi tersebut maka besarnya debit aliran permukaan dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$Q = 0.0028 CiA$$

di mana:

- Q = debit aliran air, m³ /dt
 i = intensitas hujan rata-rata sesuai Tc, mm/jam
 A = luas wilayah DAS, hektar
 C = koefisien aliran permukaan

Untuk menentukan nilai I dalam rumus tersebut dapat digunakan Rumus Intensitas hujan Mononobe dengan memasukkan nilai t sama dengan Tc, sehingga rumus I seperti berikut.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{Tc} \right)^{\frac{2}{3}}$$

di mana:

- I = intensitas hujan, mm/jam
 R₂₄ = curah hujan harian, mm
 Tc = waktu konsentrasi, jam

Data curah hujan harian dapat diperoleh dari rata-rata curah hujan harian dalam periode tertentu dengan menggunakan data paling sedikit 10 tahun maka dapat diperoleh besaran curah hujan untuk suatu periode tertentu. Dengan cara ini dapat dipergunakan untuk mengukur debit aliran andalan, sesuai dengan tujuan pengukuran.

Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan Kirpich (1940) waktu konsentrasi dinyatakan dengan Rumus sebagai berikut.

$$T_c = 0.0195 L^{0.77} S^{-0.385}$$

di mana:

T_c = waktu konsentrasi (menit)

L = panjang aliran dari tempat terjauh sampai *outlet* (m)

S = perbedaan elevasi dari tempat terjauh sampai *outlet* dibagi dengan L (*slope* = $\Delta h/L$)

Penetapan besarnya koefisien aliran permukaan didasarkan pada rumus rasional tersebut dengan membuat/menggunakan lama hujan sebesar T_c dalam petak-petak percobaan. Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan di Amerika Serikat, diperoleh nilai C seperti pada Tabel 1.1 berikut.

Tabel 1.1
Nilai C pada Berbagai Keadaan Tanah

Jenis Lahan	Lereng (%)	Jenis Tanah		
		Lempung Berpasir	Lempung Liat Berdebu	Liat Padat
Hutan	0 – 5	0.10	0.30	0.40
	5 – 10	0.25	0.35	0.50
	10 – 30	0.30	0.50	0.60
Padang rumput	0 – 5	0.10	0.30	0.50
	5 – 10	0.15	0.35	0.55
	10 – 30	0.20	0.40	0.60
Lahan pertanian	0 – 5	0.30	0.50	0.60
	5 – 10	0.40	0.60	0.70
	10 – 30	0.50	0.70	0.80

Berdasarkan lahan menurut kapasitas infiltrasi dan sifat tanah dapat dibedakan menjadi empat kelompok, yaitu

- Kelompok A : kapasitas infiltrasi tinggi, tekstur tanah kasar mempunyai potensi pengaliran yang rendah.
- Kelompok B : kapasitas infiltrasi sedang, tekstur tanah sedang mempunyai potensi pengaliran sedang.

- Kelompok C : kapasitas infiltrasi lambat, tekstur tanah sedang sampai halus, mempunyai potensi pengaliran tinggi.
- Kelompok D : kapasitas infiltrasi sangat lambat bertekstur liat dan mempunyai muka air tanah permanen yang tinggi, potensi pengalirannya sangat tinggi.

Dari hasil percobaan kemudian diamati pada lahan kelompok B dengan berbagai tingkat vegetasi dan intensitas curah hujan menghasilkan nilai C, seperti dalam Tabel 1.2 berikut.

Tabel 1.2
Nilai C untuk Lahan Kelompok B

No.	Keadaan Vegetasi	Intensitas Hujan (mm/jam)		
		25	100	200
1.	tanaman baris, buruk	0.63	0.65	0.65
2.	tanaman baris, baik	0.47	0.56	0.62
3.	tanaman pendek, baris, buruk	0.38	0.38	0.38
4.	tanaman pendek, baris, baik	0.18	0.21	0.22
5.	tanaman berotasi, baris, baik	0.29	0.36	0.39
6.	padang rumput permanen, baik	0.02	0.17	0.23
7.	hutan dewasa, baik	0.02	0.10	0.15

Pada tabel di atas diamati dari hasil lahan kelompok B dengan berbagai keadaan intensitas hujan yang terjadi, sedangkan untuk kelompok A, C, dan D nilai C dapat dilihat pada Tabel 1.3 tanpa dilihat keadaan intensitas hujan yang terjadi seperti berikut.

Tabel 1.3
Nilai Koefisien Aliran Permukaan (C)

No.	Keadaan Vegetasi	Kelompok		
		A	C	D
1.	tanaman baris, buruk	0.89	1.09	1.12
2.	tanaman baris, baik	0.86	1.09	1.12
3.	tanaman pendek, baris, buruk	0.86	1.11	1.16
4.	tanaman pendek, baris, baik	0.84	1.11	1.16
5.	tanaman berotasi, baris, baik	0.81	1.13	1.18

No.	Keadaan Vegetasi	Kelompok		
		A	C	D
6.	padang rumput permanen, baik	0.64	1.21	1.31
7.	hutan dewasa, baik	0.45	1.27	1.40

Contoh perhitungan:

Dengan penggunaan metode rasional akan diberikan contoh perhitungan agar mahasiswa dapat mengaplikasikan di lapangan, yaitu

Diketahui:

(1) Keadaan lahan:

- Luas DAS seluruhnya 4250 hektar.
- 20% nya bertanah liat padat, vegetasi hutan dengan kemiringan rata-rata 10 - 30%.
- 30% nya bertanah lempung liat berdebu dengan lahan pertanian dengan kemiringan 5 - 10%.
- 50% bertanah lempung berpasir, vegetasi rumput dengan kemiringan rata-rata 10 -30%.

(2) Curah hujan harian pada bulan Oktober rata-rata sebesar 2.5 mm/hari.

(3) Jarak pengaliran terjauh dari *outlet* 20 km.

(4) Beda tinggi dari pengaliran terjauh sampai ke *outlet* 1100 m.

Contoh menghitung debit aliran air:

- Menghitung waktu konsentrasi (T_c) dengan metode Kirpich:

$$\begin{aligned}
 T_c &= 0.0195 (20000)^{0.77} (1100/20000)^{-0.385} \\
 &= 0.0195 \times 2050.18 \times 3.05 \\
 &= 122.12 \text{ menit dibulatkan menjadi } 2 \text{ jam.}
 \end{aligned}$$

- Menghitung intensitas hujan dengan rumus Mononobe :

$$\begin{aligned}
 I &= 2.5/24 (24/2)^{2/3} \\
 &= 0.10 \times 5.24 \\
 &= 0.5 \text{ mm/jam}
 \end{aligned}$$

- Menghitung koefisien pengaliran (C):

$$\begin{aligned}
 20\% \times 0.60 &= 0.12 \\
 30\% \times 0.60 &= 0.18
 \end{aligned}$$

$$50\% \times 0.20 = 0.10$$

$$\text{Nilai C} = \frac{\quad}{\quad} + 0.40$$

- Menghitung Debit Aliran dengan Metoda Rasional

$$Q = 0.0028 \times C \times I \times A$$

$$= 0.0028 \times 0,40 \times 0.5 \times 4250$$

$$= 2.38 \text{ m}^3/\text{dt}$$

- 2) Pengukuran Debit Aliran Maksimum Dengan Menggunakan Cara Empiris

Pada pengukuran cara ini biasanya dilakukan karena tidak adanya data hidrologis yang memadai dan hanya menduga besarnya debit maksimum. Pada umumnya, digunakan rumus untuk menduga debit aliran dengan satu atau dua variabel yang sangat berhubungan dengan jumlah aliran. Mengingat faktor yang mempengaruhi besarnya debit aliran sangat banyak maka hasil yang diperoleh tentu kurang tepat, tetapi rumus empiris ini dapat memberikan perkiraan kasar yang berguna/memadai.

Banyak negara yang telah mengembangkan rumus-rumus empiris ini sehingga cara penggunaannya harus benar-benar diperhatikan persyaratan penggunaannya. Rumus-rumus tersebut antara lain:

- 1) U.S Geological Survey:

$$Q = 1400 A^{0.476}$$

di mana:

Q = dalam satuan British, cfs

A = luas DAS antara 10000 - 24000 mile²

- 2) English, India:

$$Q = 7000 A / (A+4)^{1/2}$$

di mana:

Q = debit aliran maksimum, cfs

A = luas DAS khususnya bentuk kipas, mile²

- 3) Whistler, Italy:

$$Q = 1538 / (A + 259) + 0.054 \times A$$

di mana:

Q = debit aliran maksimum, m^3/dt

A = luas DAS antara 1000 – 12000 km^2

4) Paliaro, Italy:

$Q = 2900 h / (A + 90)$

di mana:

Q = debit aliran maksimum, m^3/dt

A = luas DAS kurang dari 1000 km^2

5) Ecafe (lengkung CREAGER)

$Q = 0.35 A^{(1.8A - 0.05)}$

di mana:

Q = debit aliran maksimum, m^3/dt

A = luas DAS, cocok untuk aliran di Indonesia, km^2

2. Pengukuran dengan Menggunakan *Rating Curve*

Rating Curve adalah grafik yang menggambarkan hubungan antara tinggi muka air dan debit alirannya. *Rating Curve* ini juga sering digunakan untuk menggambarkan tinggi air dengan isinya pada suatu *reservoir* (waduk).

Pada pengukuran debit aliran maka penurunan rumus debit $Q = V \times A$ pada komponen luas penampang basah (A) akan mendapatkan besaran vertikal (panjang) berdimensi satu yang sering disebut sebagai tinggi aliran (h) dan besaran horizontal (lebar). Kalau profil aliran tetap maka rumus debit dapat disederhanakan menjadi persamaan yang merupakan suatu fungsi ambang aliran (h) tersebut.

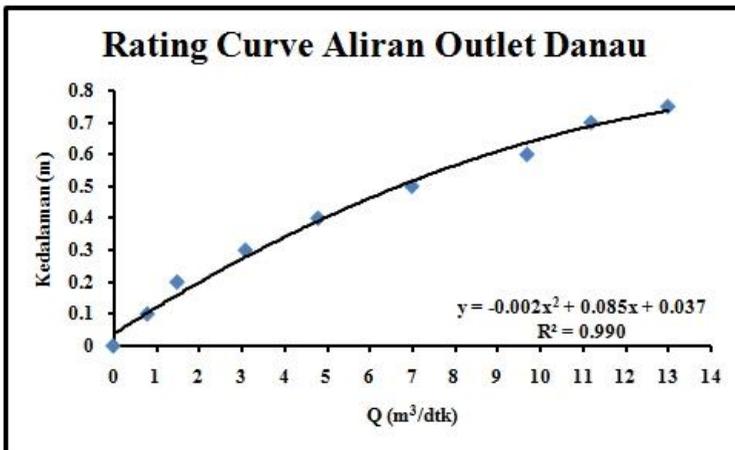
Semua titik dengan koordinat dari sumbu h dan Q atau titik $P_{(h,Q)}$ membentuk suatu lengkung (*curve*).

Untuk menggambarkan *rating curve* yang baik harus dibuat lengkung yang melalui/mewakili sebagian besar titik plot yang ada. Metoda pembuatan lengkung tersebut diantaranya:

- 1) menarik garis lengkung dengan kira-kira sedemikian rupa sehingga sebagian besar titik-titik plot yang ada terlewati/terwakili. Cara ini sangat subyektif dan memberikan hasil lengkung yang kasar, biasanya dipakai untuk saluran/debit yang relatif kecil.

- 2) didekati dengan persamaan eksponensial $Q = a H^n + b$, persamaan ini bisa dihitung nilai logaritmanya maka akan menjadi persamaan garis lurus. Dengan menggunakan kertas logaritma akan diperoleh besaran tetapan dari persamaan eksponensial tersebut. Pada keadaan tertentu perlu dilakukan pembagian persamaan menjadi lebih dari satu, hal ini dilakukan agar dapat menghasilkan lengkung yang benar-benar fit (mewakili titik plot), terutama pada keadaan sungai berupa "flood plain".
- 3) didekati dengan persamaan kuadrat $Q = a + bH + c H^2$ untuk mencari besaran tetapan dari persamaan ini digunakan persamaan normal parabola kuadrat terkecil $Y = a + b X + c X^2$ dengan pengerjaannya menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut.
- $Y = na + bx + C X^2$
 - $XY = aX + b X^2 + C X^3$
 - $X^2Y = a X^2 + b X^3 + C X^4$

Penggunaan persamaan kuadrat sesuai untuk kapasitas debit yang rendah. Sebagai gambaran bentuk *rating curve* disajikan dalam Gambar 2.



Gambar 1.2
Contoh *Rating Curve* dengan Persamaan Kuadrat

Pemakaian metoda *rating curve* sering dilakukan untuk hidrologi, dipilihkan pada tempat-tempat pengukuran debit yang diamati besar debit alirannya secara teratur/periodik, yaitu setiap hari dengan tujuan agar

pelaksanaan pengukuran dapat dilakukan secara praktis dan cepat. Biasanya tempat pengukuran dibuatkan atau dipilih penampang aliran yang stabil pada dinding sungai yang tidak mudah berubah, tidak ada aliran balik (*back water*), aliran air tenang, dan strategis (mudah-dijangkau) sehingga aliran dapat diamati dengan melihat perubahan tinggi aliran yang terjadi secara mudah.

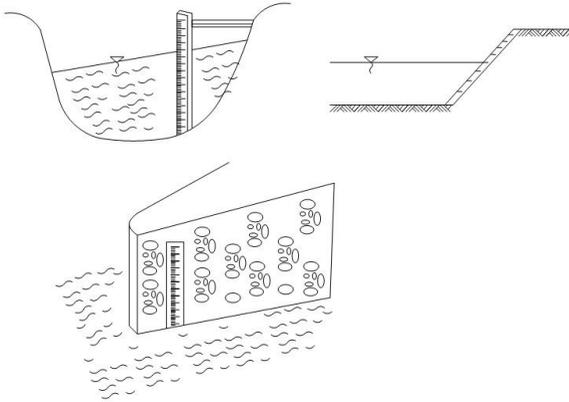
Untuk memudahkan pengukuran tinggi tersebut sering dibuat peralatan pengukur tinggi muka air (aliran) baik sederhana maupun otomatis (*Automotif Water Level Recorder/AWLR*). Kegunaan peralatan tinggi muka air ini selain untuk pengukuran debit juga diperlukan untuk menghitung tinggi genangan banjir. Jenis peralatan pengukur tinggi muka air tersebut antara lain:

1) Alat pengukur tinggi muka air biasa.

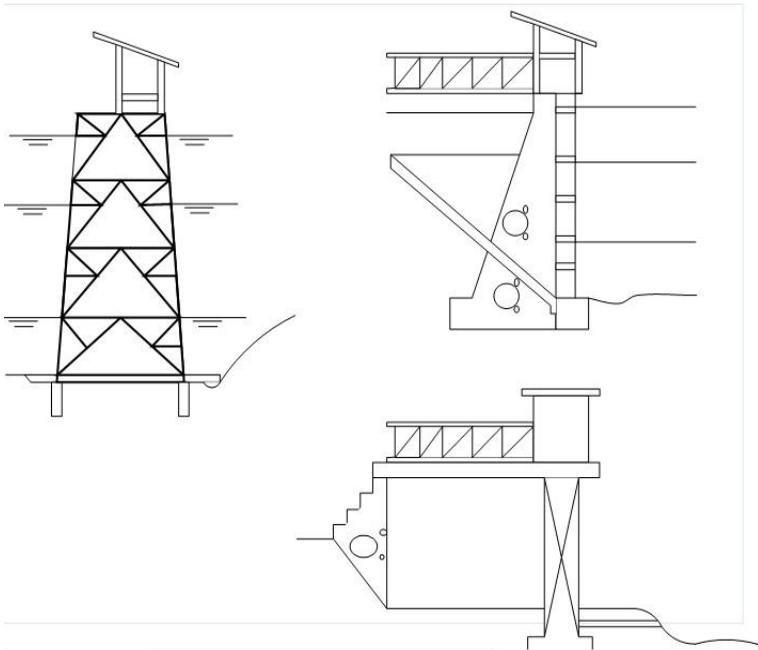
Alat ini antara lain papan duga (terbuat dari kayu maupun baja), kawat duga (*wire weight gauge*), dan pita duga (*float-tape gauge*). Peralatan ini sepenuhnya dilakukan oleh tenaga manusia, dipasang di pinggir sungai atau di dalam sumur pengamatan (*stilling well*). Pengamatan biasanya dilakukan pada pagi dan sore hari (pukul 07.00 dan 17.00), sedangkan pada waktu terjadi banjir dilakukan pengamatan lebih sering, sampai 30 menit sekali tergantung pada kecepatan kenaikan tinggi muka air. Pada gambar 1.3, diperlihatkan contoh penempatan pengukur tinggi muka air di sungai atau saluran.

2) Alat pengukur tinggi muka air otomatis.

Alat ini dapat dibuat secara mekanis maupun elektronik, terdiri dari komponen: unit pengukur tinggi air, unit transmisi, dan unit peragaan data. Dari alat ini dihasilkan data pencatatan tinggi air secara kontinu yang tertera pada kertas grafik. Pada gambar 1.4, berikut disajikan contoh penempatan pengukur tinggi muka air otomatis.



Gambar 1.3
Contoh Penempatan Pengukur Tinggi Muka Air



Gambar 1.4
Pengukur Tinggi Muka Air Otomatis dengan Muka Air Tertinggi (MATT)
dan Muka Air Terendah (MAR)

3) Pengukur tinggi muka air dugaan (*sounding equipment*)

Alat ini untuk menentukan dalamnya air di suatu tempat di sungai, penggunaannya tergantung dari cara pengukuran kedalaman air. Dalam dan letaknya suatu alat ukur kedalaman air dapat ditentukan dengan: batang pengukur, kabel pengukur ataupun alat pemberat.

Adapun perlengkapan pendugaan kedalaman air antara lain:

- a) Batang penduga, terdiri atas logam berskala biasanya penampang berbentuk lingkaran. Hanya digunakan pada kedalaman kurang 3 meter.
- b) Alat pemberat (*sounding weight*), terbuat dari timah hitam berbentuk seperti bola peluru dihubungkan dengan kabel berskala.
- c) *Sonic sounder*, menggunakan alat pemberat khusus yang dilengkapi dengan peralatan elektronik.

Penentuan tinggi muka air sering terjadi kesalahan-kesalahan yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran debit, kesalahan tersebut antara lain:

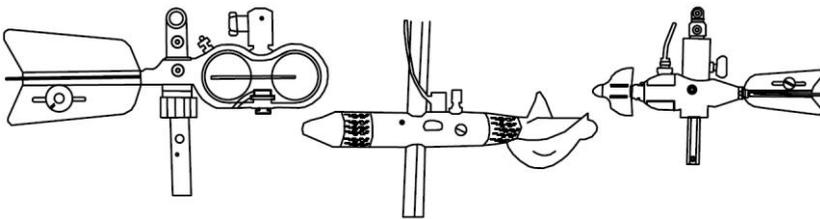
- a) kesalahan alat: kesalahan ini dapat terjadi pada unit transmisi maupun unit pencatatan data. Untuk mengurangi kesalahan ini perlu adanya kontrol baik pada waktu pemasangan berkas pias untuk pencatatan maupun pada mekanisme transmisi.
- b) kesalahan unit pengukur tinggi air: kesalahan ini terjadi akibat adanya gangguan lumpur/sampah atau adanya kerusakan pada unit tersebut.
- c) kesalahan waktu: kesalahan ini menghasilkan data tinggi muka air tidak tepat waktu kerja dengan kejadian sebenarnya. Hal ini disebabkan berubahnya putaran drum pemutar kertas pias.
- d) kesalahan pencatatan: kesalahan ini sering dilakukan akibat kerja operator yang kurang memadai. Pencegahan ini dapat dikontrol dengan melakukan koreksi tinggi muka air pada saat pengukuran, bahwa selama pengukuran tidak boleh terjadi perubahan tinggi sampai 5 cm dan apabila terjadi perubahan melebihi batas tersebut harus dilakukan perhitungan nilai tinggi muka air rata-rata sebagai berikut.
 - data awal = 2.67 m
 - data ke 1 = 2.81 m, perbedaan ke 1 = 2.81- 2.67 = 0.14 m
 - data ke 2 = 2.88 m, perbedaan ke 2 = 2.88 - 2.67 = 0.21 m

- rata-rata perbedaan = $(0.14 + 0.21) / 2 = 0.17$
- rata-rata tinggi muka air = $2.67 + 0.17 = 2.84$

3. Pengukuran Debit Sungai dengan *Current-Meter*

Sebagai alat ukur aliran air alat ini sangat penting dan sering digunakan dalam melaksanakan pengukuran debit aliran air, terutama pada sungai atau saluran yang akan dilakukan pengujian pengukuran debit alirannya. Keuntungan alat ini adalah dapat dipergunakan untuk mengukur kecepatan aliran pada setiap titik yang kita inginkan. Keahlian operator dan keadaan pada lokasi pengukuran sangat menentukan ketelitian pengukuran sehingga alat ini tidak dapat dipergunakan oleh setiap orang.

Prinsip kerja alat ini adalah memanfaatkan gaya tekan aliran air untuk memutar propeler pada *currentmeter* sehingga terjadi konversi kecepatan antara kecepatan aliran dan kecepatan sudut pada as propeler. Dengan perantaraan kabel dan sistem elektronik dapat ditampilkan hasil pengukuran secara digital atau analog. Terdapat dua jenis *currentmeter*, yaitu 1) tipe propeler dengan as horizontal; dan 2) tipe mangkuk dengan as vertikal. Pada Gambar 1.5 dapat dilihat contoh-contohnya.

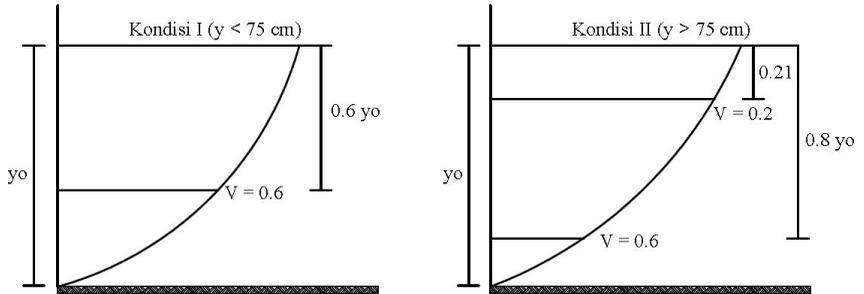


Gambar 1.5
Beberapa Jenis *currentmeter*

Untuk dapat menghasilkan pengukuran debit aliran yang teliti, setelah meyakinkan bahwa peralatan dapat berfungsi dengan baik maka perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut.

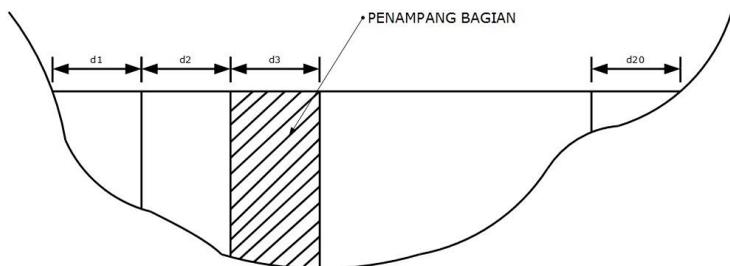
- a. Berdasarkan Hukum Karman - Prandtl bahwa kecepatan bervariasi dari nol yang dekat sekali dengan dinding sampai dengan maksimum pada permukaannya, maka penentuan kecepatan aliran rata-rata (V_r) pada saluran terbuka dilakukan pada kondisi I dan II disesuaikan dengan kedalaman seperti pada Gambar 1.6. Pada kondisi 1 $V_r = V 0.6$,

sedangkan pada kondisi II V_r besarnya mendekati setengah dari jumlah V 0.2 dan V 0.8.



Gambar 1.6
Penentuan Titik Pengukuran Kecepatan Aliran

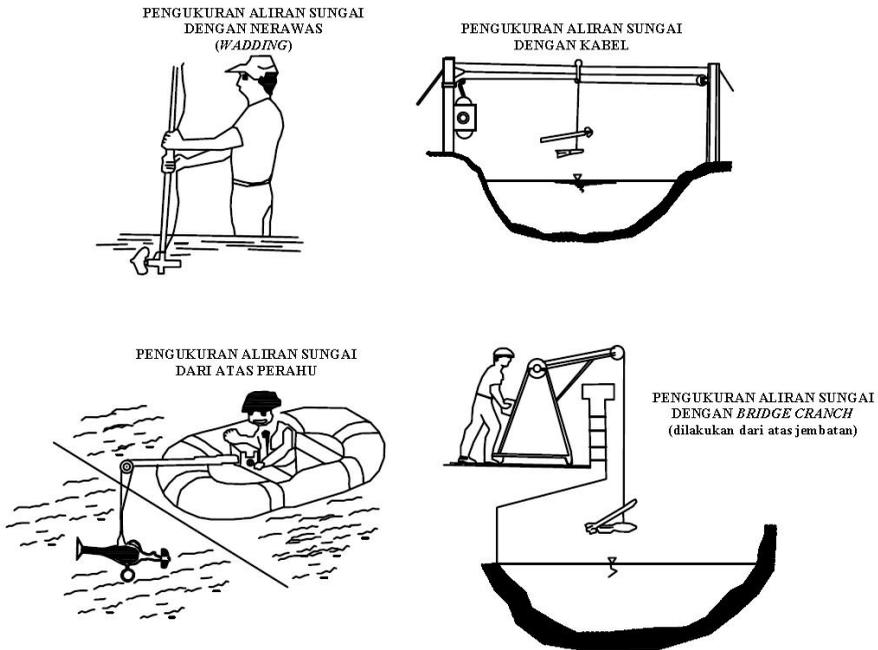
- b. Kenyataan bahwa kecepatan aliran tidak sama sepanjang/di dalam penampang aliran, untuk mendapatkan ketepatan pengukuran maka perlu dilakukan pembagian penampang aliran menjadi bagian yang lebih kecil disesuaikan dengan lebar aliran. Pada setiap bagian penampang aliran dilakukan pengukuran kecepatan aliran, sehingga masing-masing bagian penampang aliran dapat dihitung debitnya, sehingga debit aliran secara keseluruhan merupakan hasil penjumlahan dari debit masing-masing penampang bagian yang ada. Pada Gambar 1.7 berikut diberikan ilustrasi pembagian penampang aliran.



Gambar 1.7
Cara Pembagian Aliran Air

Pada pelaksanaan pengukuran aliran dengan *currentmeter* perlu diperhatikan terjadinya kesalahan-kesalahan yang disebabkan oleh: 1) kesalahan instrumen; 2) terlalu cepat waktu yang tersedia untuk mengukur sehingga belum mewakili aliran yang sebenarnya; 3) terlalu sedikit penampang bagian; dan 4) hanya melakukan pengukuran satu titik pada aliran air yang dalam.

Cara pengukuran dengan *currentmeter* dapat dilakukan dengan: 1) memasuki sungai yang tidak dalam; 2) dengan menggunakan perahu pada arus yang relatif lambat; 3) dengan *cable-car* dan *bridge-crane* pada sungai yang besar dan arus deras. Pada Gambar 1.8 diperlihatkan beberapa cara pengukuran dengan *currentmeter*.



Gambar 1.8
Berbagai Cara Pengukuran dengan *Currentmeter*

4 Neraca Air

Neraca air (*water balance*) merupakan neraca masukan (*inflow*) dan keluaran air (*outflow*) di suatu tempat pada periode tertentu sehingga dapat untuk mengetahui jumlah air tersebut kelebihan (*surplus*) ataupun kekurangan (*defisit*). Sedangkan menurut Seyhan (1990). Dapat juga diartikan bahwa neraca air adalah kuantitatif hubungan antara air yang diterima oleh lahan (input) dan air yang keluar/hilang dari lahan (output) dan perubahan cadangan air dalam tanah. Selama selang waktu tertentu, masukan air total pada suatu ruang tertentu harus sama dengan keluaran total ditambah perubahan-perubahan dalam cadangan. Dengan demikian persamaan yang digunakan adalah:

$$P = E + Q + U \pm \Delta S$$

Dimana:

- P = presipitasi (curah hujan)
- E = Evaporasi
- Q = Debit (*run off*)
- U = penggunaan air (konsumsi)
- ΔS = *storage*

Seykon mengemukakan bahwa: persamaan neraca air dapat berbeda dari satu ruang dengan ruang lainnya. Persamaan neraca air dapat dikelompokkan:

- Neraca air suatu reservoir yang meliputi: danau, lumbung, situ, dan lain-lain
- Neraca air suatu kolom tanah
- Neraca air suatu akuifer
- Neraca air pada daur agrohidrologi
- Neraca air daerah aliran sungai
- Neraca air global.

Persamaan neraca air digunakan untuk memprediksi ketersediaan air suatu ruang atau wilayah.

Kegunaan mengetahui kondisi air pada surplus dan defisit dapat mengantisipasi bencana yang kemungkinan terjadi serta dapat pula untuk mendayagunakan air sebaik-baiknya. Model neraca air secara umum adalah menggunakan data-data klimatologi. Neraca air ini bermanfaat untuk mengetahui berlangsungnya bulan-bulan basah (jumlah curah hujan melebihi kehilangan air untuk penguapan dari permukaan tanah atau evaporasi

maupun penguapan dari sistem tanaman atau transpirasi, penggabungan keduanya dikenal sebagai evapotranspirasi) serta bulan-bulan defisit (ketika jumlah curah hujan yang turun lebih kecil dari evapotranspirasi yang terjadi). Hal ini juga dapat dihubungkan dengan *inflow* dan *outflow* serta perubahan tampungan dalam suatu waduk.

Manfaat secara umum yang dapat diperoleh dari analisis neraca air antara lain:

- a. Digunakan sebagai dasar pembuatan bangunan penyimpanan dan pembagi air serta saluran-salurannya. Hal ini terjadi jika hasil analisis neraca air didapat, banyak bulan-bulan yang defisit air.
- b. Sebagai dasar pembuatan saluran drainase dan teknik pengendalian banjir. Hal ini terjadi jika hasil analisis neraca air didapat, banyak bulan-bulan yang surplus air.
- c. Sebagai dasar pemanfaatan air alam untuk berbagai keperluan pertanian, seperti tanaman pangan hortikultura, perkebunan, kehutanan hingga perikanan.

C. EKOSISTEM PERAIRAN

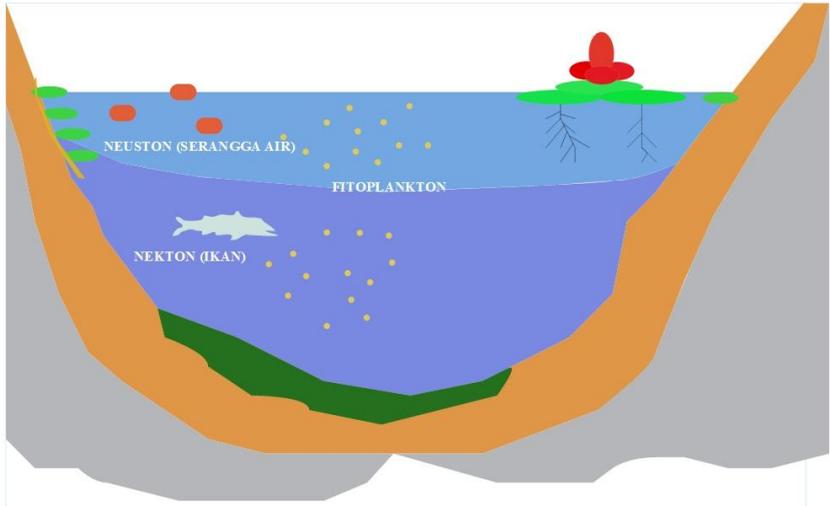
Ekosistem merupakan suatu interaksi yang kompleks dan memiliki penyusun yang beragam. Di bumi ada bermacam-macam ekosistem. Dalam ekosistem perairan, khususnya yang akan dibahas dalam pengelolaan sumber daya air akan dijelaskan ekosistem air tawar dan ekosistem air laut.

1. Ekosisten perairan air tawar

Secara umum bagian ekosistem perairan air tawar adalah ekosistem air pada kondisi air tenang dan air mengalir. Termasuk ekosistem air tenang adalah danau dan rawa, termasuk ekosistem air mengalir adalah sungai.

a. Danau

Danau atau rawa adalah wilayah depresi air tawar yang selalu digenangi oleh air tawar. Danau terdapat pembagian daerah berdasarkan penetrasi cahaya matahari. Daerah yang dapat ditembus cahaya matahari sehingga terjadi *fotosintesis* disebut daerah *fotik*. Daerah yang tidak tertembus cahaya matahari disebut daerah *afotik*. Di danau juga terdapat daerah perubahan temperatur yang drastis atau termoklin. *Termoklin* memisahkan daerah yang hangat di atas dengan daerah dingin di dasar.



Gambar 1.9
Ekosistem Danau dan Organisme di Dalamnya

Seperti kehidupan di daratan, air di danau juga terdapat komunitas tumbuhan dan hewan yang tersebar di danau sesuai dengan kedalaman dan jaraknya dari tepi. Berdasarkan hal tersebut, danau dibagi menjadi 4 daerah sebagai berikut.

1) Daerah *litoral*.

Daerah ini merupakan daerah dangkal. Cahaya matahari menembus dengan optimal. Air yang hangat berdekatan dengan tepi. Tumbuhannya merupakan tumbuhan air yang berakar dan daunnya ada yang mencuat ke atas permukaan air. Komunitas organisme sangat beragam termasuk jenis-jenis ganggang yang melekat (khususnya diatom), berbagai siput dan remis, serangga, krustacea, ikan, amfibi, reptilia air, dan semi air seperti kura-kura dan ular, itik dan angsa, dan beberapa mamalia yang sering mencari makan di danau.

2) Daerah *limnetik*.

Daerah ini merupakan daerah air bebas yang jauh dari tepi dan masih dapat ditembus sinar matahari. Daerah ini dihuni oleh berbagai *fitoplankton*, termasuk ganggang dan *sianobakteri*. Ganggang berfotosintesis dan bereproduksi dengan kecepatan tinggi selama musim

panas dan musim semi. *Zooplankton* yang sebagian besar termasuk *Rotifera* dan udang-udangan kecil memangsa *fitoplankton*. *Zooplankton* dimakan oleh ikan-ikan kecil. Ikan kecil dimangsa oleh ikan yang lebih besar, kemudian ikan besar dimangsa ular, kura-kura, dan burung pemakan ikan.

3) Daerah *profundal*.

Daerah ini merupakan daerah yang dalam, yaitu daerah afotik danau. Mikroba dan organisme lain menggunakan oksigen untuk respirasi seluler setelah mendekomposisi detritus yang jatuh dari daerah limnetik. Daerah ini dihuni oleh cacing dan mikroba.

4) Daerah *bentik*.

Daerah ini merupakan daerah dasar danau tempat terdapatnya bentos dan sisa-sisa organisme mati. Untuk lebih jelasnya, pembagian daerah danau disajikan dalam Gambar 1.10.



Gambar 1.10
Empat Daerah Utama pada Danau Air Tawar

Danau juga dapat dikelompokkan berdasarkan produksi materi organiknya sebagai berikut:

1) Danau *Oligotropik*.

Oligotropik merupakan sebutan untuk danau yang dalam dan kekurangan makanan karena *fitoplankton* di daerah *limnetik* tidak produktif. Ciri cirinya, airnya jernih sekali, dihuni oleh sedikit organisme, dan di dasar air banyak terdapat oksigen sepanjang tahun.

2) Danau *Eutropik*.

Eutropik merupakan sebutan untuk danau yang dangkal dan kaya akan kandungan makanan karena *fitoplankton* sangat produktif. Ciri-cirinya adalah airnya keruh, terdapat bermacam-macam organisme, dan oksigen terdapat di daerah profundal.

3) Danau *oligotrofik* dapat berkembang menjadi danau eutrofik akibat adanya materi-materi organik yang masuk dan endapan. Perubahan ini juga dapat dipercepat oleh aktivitas manusia, misalnya dari sisa-sisa pupuk buatan pertanian dan timbunan sampah kota yang memperkaya danau dengan buangan sejumlah nitrogen dan fosfor. Akibatnya, terjadi peledakan populasi ganggang atau blooming sehingga terjadi produksi detritus berlebihan yang akhirnya menghabiskan suplai oksigen di danau tersebut. Pengayaan danau seperti ini disebut "eutrofikasi". Eutrofikasi membuat air tidak dapat digunakan lagi dan mengurangi nilai keindahan danau.b. *Sungai*

Sungai adalah suatu badan air yang mengalir ke satu arah. Air sungai dingin dan jernih serta mengandung sedikit sedimen dan makanan. Aliran air dan gelombang secara konstan memberikan oksigen pada air. Suhu air bervariasi sesuai dengan ketinggian dan garis lintang. Komunitas yang berada di sungai berbeda dengan danau. Air sungai yang mengalir deras tidak mendukung keberadaan komunitas plankton untuk berdiam diri karena akan terbawa arus. Sebagai gantinya terjadi fotosintesis dari ganggang yang melekat dan tanaman berakar sehingga dapat mendukung rantai makanan.

Komposisi komunitas hewan juga berbeda antara sungai, anak sungai, dan hilir. Di anak sungai sering dijumpai ikan air tawar. Di hilir sering dijumpai ikan kucing dan gurame. Beberapa sungai besar dihuni oleh berbagai kura-kura dan ular. Khusus sungai di daerah tropis, dihuni oleh buaya dan lumba-lumba.

Organisme sungai dapat bertahan tidak terbawa arus karena mengalami adaptasi evolusioner. Misalnya, bertubuh tipis dorsoventral dan dapat

melekat pada batu. Beberapa jenis serangga yang hidup di sisi-sisi hilir menghuni habitat kecil yang bebas dari pusaran air.

Di alam sungai dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam, yaitu:

- A. Sungai menurut jumlah airnya dibedakan menjadi:
1. sungai permanen yaitu: sungai yang debit airnya sepanjang tahun relatif tetap. Contoh sungai jenis ini adalah sungai Kapuas, Kahayan, Barito dan Mahakam di Kalimantan. Sungai Musi dan Indragiri di Sumatera.
 2. sungai periodik - yaitu sungai yang pada waktu musim hujan airnya banyak, sedangkan pada musim kemarau airnya sedikit. Contoh sungai jenis ini banyak terdapat di pulau Jawa misalnya sungai Ciliwung, Cisedade, Bengawan Solo, dan sungai Opak di Jawa Tengah. Sungai Progo dan sungai Code di Daerah Istimewa Yogyakarta serta sungai Brantas di Jawa Timur.
 3. sungai *intermittent* atau sungai *episodik* - yaitu sungai yang mengalirkan airnya pada musim penghujan, sedangkan pada musim kemarau airnya kering. Contoh sungai jenis ini adalah sungai Kalada di pulau Sumba
 4. sungai *ephemeral* - yaitu sungai yang ada airnya hanya pada saat musim hujan. Pada hakekatnya sungai jenis ini hampir sama dengan jenis *episodik*, hanya saja pada musim hujan sungai jenis ini airnya belum tentu banyak.
- B. Sungai menurut genetiknya dibedakan menjadi:
1. sungai *konsekwen* yaitu sungai yang arah alirannya searah dengan kemiringan lereng
 2. sungai *subsekwen* yaitu sungai yang aliran airnya tegak lurus dengan sungai konsekwen
 3. sungai *obsekwen* yaitu anak sungai subsekwen yang alirannya berlawanan arah dengan sungai konsekwen
 4. sungai *insekwen* yaitu sungai yang alirannya tidak teratur atau terikat oleh lereng daratan
 5. sungai *ressekwen* yaitu anak sungai subsekwen yang alirannya searah dengan sungai konsekwen
 6. sungai *andesen* yaitu sungai yang kekuatan erosi ke dalamnya mampu mengimbangi pengangkatan

- C. Sungai berdasarkan lapisan batuan yang dilalui:
1. Sungai *outerhiden* yaitu sungai yang dapat mengimbangi pengangkatan daerah lapisan batuan yang dilaluinya.
 2. Sungai *efigenesa* yaitu sungai yang terus-menerus mengikis batuan yang dilaluinya sehingga dapat mencapai daerah batuan asli atau batuan induknya.
- D. Sungai berdasarkan sumber airnya :
1. sungai hujan yaitu sungai yang berasal dari air hujan, sungai ini banyak dijumpai di Pulau Jawa dan kawasan Nusa Tenggara
 2. sungai *gletser* yaitu sungai yang berasal dari melelehnya es, sungai ini banyak dijumpai di negara yang beriklim dingin seperti sungai Gangga di India dan sungai Rhein di Jerman
 3. sungai campuran yaitu sungai yang berasal dari air hujan dan lelehan es, dapat dijumpai di Papua contohnya Sungai Digul dan sungai Memberano

2. Ekosistem air laut

Ekosistem air laut dibedakan atas lautan, pantai, estuari, dan terumbu karang.

a. Ekosistem Lautan

Habitat laut (*oseanik*) ditandai oleh salinitas (kadar garam) yang tinggi dengan ion Cl^- mencapai 55% terutama di daerah laut tropik karena suhunya tinggi dan penguapan besar. Di daerah tropik, suhu laut sekitar $25^{\circ}C$. Perbedaan suhu bagian atas dan bawah tinggi. Batas antara lapisan air yang panas di bagian atas dengan air yang dingin di bagian bawah disebut daerah termoklin.

Di daerah dingin, suhu air laut merata sehingga air dapat bercampur maka daerah permukaan laut tetap subur dan banyak plankton serta ikan. Gerakan air dari pantai ke tengah menyebabkan air bagian atas turun ke bawah dan sebaliknya yang disebut *umbukan* (*up welling*) sehingga memungkinkan terbentuknya rantai makanan yang berlangsung baik. Habitat laut dapat dibedakan berdasarkan kedalamannya dan wilayah permukaannya secara horizontal.

Menurut kedalamannya, ekosistem air laut dibagi menjadi 4 (empat) sebagai berikut.

- 1) *Litoral* merupakan daerah yang berbatasan dengan darat.
- 2) *Neretik* merupakan daerah yang dapat ditembus cahaya matahari sampai bagian dasar kedalamannya ± 300 meter.
- 3) *Batial* merupakan daerah yang kedalamannya antara 200-2500 m.
- 4) *Abisal* merupakan daerah yang lebih dalam, yaitu (1.500-10.000 m).

Menurut wilayah permukaannya secara horizontal, berturut-turut dari tepi laut semakin ke tengah, laut dibedakan sebagai berikut.

- 1) *Epipelagik* merupakan daerah antara pantai dengan laut yang mempunyai kedalaman air sekitar 200 m.
- 2) *Mesopelagik* merupakan daerah setelah epipelagik dengan kedalaman antara 200-1000 m. Hewannya misalnya ikan hiu.
- 3) *Batiopelagik* merupakan daerah lereng benua dengan kedalaman antara 200-2.500 m. Hewan yang hidup di daerah ini misalnya gurita.
- 4) *Abisalpelagik* merupakan daerah dengan kedalaman mencapai 4.000 m; tidak terdapat tumbuhan, tetapi hewan masih ada. Sinar matahari tidak mampu menembus daerah ini.
- 5) *Hadal pelagik* merupakan bagian laut terdalam (dasar). Kedalaman lebih dari 6.000 m. Di bagian ini biasanya terdapat lele laut dan ikan laut yang dapat mengeluarkan cahaya.

Di laut, hewan, dan tumbuhan tingkat rendah memiliki tekanan osmosis sel yang hampir sama dengan tekanan osmosis air laut. Hewan tingkat tinggi beradaptasi dengan cara banyak minum air, pengeluaran urin sedikit, dan pengeluaran air dengan cara osmosis melalui insang. Garam yang berlebihan diekskresikan melalui insang secara aktif.

b. *Ekosistem pantai*

Ekosistem pantai letaknya berbatasan dengan ekosistem darat, laut, dan daerah pasang surut. Ekosistem pantai dipengaruhi oleh siklus harian pasang surut laut. Organisme yang hidup di pantai memiliki adaptasi struktural sehingga dapat melekat erat di substrat keras. Daerah paling atas pantai hanya terendam saat pasang naik tinggi. Daerah ini dihuni oleh beberapa jenis ganggang, moluska, dan remis yang menjadi konsumsi bagi kepiting dan burung pantai. Daerah tengah pantai terendam saat pasang tinggi dan pasang

rendah. Daerah ini dihuni oleh ganggang, porifera, anemon laut, remis dan kerang, siput herbivora dan karnivora, kepiting, landak laut, bintang laut, dan ikan-ikan kecil. Daerah pantai terdalam terendam saat air pasang maupun surut. Daerah ini dihuni oleh beragam invertebrata dan ikan serta rumput laut.

Komunitas tumbuhan berturut-turut dari daerah pasang surut ke arah darat dibedakan sebagai berikut.

1) Formasi *pes caprae*.

Dinamakan demikian karena yang paling banyak tumbuh digundukan pasir adalah tumbuhan *Ipomoea pes caprae* yang tahan terhadap hempasan gelombang dan angin; tumbuhan ini menjalar dan berdaun tebal. Tumbuhan lainnya adalah *Spinifex littorius* (rumput angin), *Vigna*, *Euphorbia atoto*, dan *Canaualia martina*. Lebih ke arah darat lagi ditumbuhi *Crinum asiaticum* (bakung), *Pandanus tectorius* (pandan), dan *Scaeuola Fruescens* (babakoan).

2) Formasi *baringtonia*.

Daerah ini didominasi tumbuhan *baringtonia*, termasuk di dalamnya *Wedelia*, *Thespesia*, *Terminalia*, *Guettarda*, dan *Erythrina*. Bila tanah di daerah pasang surut berlumpur maka kawasan ini berupa hutan bakau yang memiliki akar napas. Akar napas merupakan adaptasi tumbuhan di daerah berlumpur yang kurang oksigen. Selain berfungsi untuk mengambil oksigen, akar ini juga dapat digunakan sebagai penahan dari pasang surut gelombang. Yang termasuk tumbuhan di hutan bakau, antara lain *Nypa*, *Acathus*, *Rhizophora*, *Bonguera*, *Agricenia*, dan *Cerbera*. Jika tanah pasang surut tidak terlalu basah, pohon yang sering tumbuh adalah: *Heritiera*, *Lumnitzera*, *Acgicras*, dan *Cylocarpus*.

c. *Ekosistem Estuari*.

Estuari (muara) merupakan tempat bersatunya sungai dengan laut. Estuari sering dipagari oleh lempengan lumpur intertidal yang luas atau rawa garam. Salinitas air berubah secara bertahap mulai dari daerah air tawar ke laut. Salinitas ini juga dipengaruhi oleh siklus harian dengan pasang surut airnya. Nutrien dari sungai memperkaya estuari.

Komunitas tumbuhan yang hidup di estuari, antara lain rumput rawa garam, ganggang, dan *fitoplankton*. Komunitas hewannya antara lain berbagai cacing, kerang, kepiting, dan ikan, bahkan ada beberapa

invertebrata laut dan ikan laut yang menjadikan estuari sebagai tempat kawin atau bermigrasi untuk menuju habitat air tawar. *Estuari* juga merupakan tempat mencari makan bagi vertebrata semi air, yaitu unggas air.

3. Ekosistem Air Laut pada Terumbu Karang

Di laut tropis, pada daerah neritik, terdapat suatu komunitas yang khusus yang terdiri dari karang batu dan organisme-organisme lainnya. Komunitas ini disebut terumbu karang. Daerah komunitas ini masih dapat ditembus cahaya matahari sehingga fotosintesis dapat berlangsung. Terumbu karang didominasi oleh karang (koral) yang merupakan kelompok *Cnidaria* yang menyekresikan kalsium karbonat. Rangka dari kalsium karbonat ini bermacam-macam bentuknya dan menyusun substrat tempat hidup karang lain dan ganggang.

Hewan-hewan yang hidup di karang memakan organisme mikroskopis dan sisa organik lain. Berbagai invertebrata, mikro organisme, dan ikan, hidup di antara karang dan ganggang. Herbivora seperti siput, landak laut, ikan, menjadi mangsa bagi gurita, bintang laut, dan ikan karnivora.



LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Jelaskan bagaimana distribusi air di muka bumi ini terjadi.
- 2) Jelaskan mengapa perlu dilakukan pengukuran aliran air secara tepat.
- 3) Sebutkan dan jelaskan ekosistem perairan.

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Untuk menjawab latihan 1 tersebut maka harus dipahami terjadinya proses siklus hidrologi.
- 2) Untuk menjawab latihan 2 maka Anda harus memahami pentingnya air untuk kebutuhan manusia dan lingkungannya serta metoda pengukuran aliran yang tepat.
- 3) Untuk menjawab latihan 3 maka Anda harus memahami ekosistem baik di darat maupun di laut.



RANGKUMAN

Pengelolaan air dapat dilaksanakan dengan baik dengan memahami hubungan antara tujuan pengelolaan dan hidrologi serta antara tujuan pengelolaan dan sistem perairan. Dalam hidrologi akan dijelaskan tentang bentuk air, jumlah, waktu, tempat/keberadaan, dan kualitas air yang sangat terkait dengan proses dan siklus hidrologi serta sistem perairan.

Di dalam pengelolaan sumber daya air, pengukuran aliran air merupakan kegiatan yang mutlak dilakukan. Data hasil pengukuran tersebut selanjutnya menjadi dasar perhitungan untuk berbagai kegiatan yang berkenaan dengan pemanfaatan sumber daya air dalam kebutuhan hidup manusia dan lingkungannya. Dengan demikian, ketepatan pengukuran yang dilakukan merupakan tuntutan yang harus dipenuhi dan tidak dapat dikurangi. Dari hasil pengukuran air tersebut dapat dihitung sebuah neraca air (*water balance*) yang merupakan neraca masukan (*inflow*) dan keluaran air (*outflow*) di suatu tempat pada periode tertentu sehingga dapat untuk mengetahui jumlah air tersebut kelebihan (surplus) ataupun kekurangan (defisit).

Ekosistem merupakan suatu interaksi yang kompleks dan memiliki penyusun yang beragam. Di bumi ada bermacam-macam ekosistem. Dalam ekosistem perairan diantaranya ekosistem air tawar dan ekosistem air laut. Ekosistem perairan air tawar adalah ekosistem air pada kondisi air tenang dan air mengalir. Termasuk ekosistem air tenang adalah danau dan rawa, termasuk ekosistem air mengalir adalah sungai, sedangkan ekosistem air laut dibedakan atas ekosistem perairan lautan, pantai, estuari, dan terumbu karang.

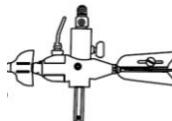


TES FORMATIF 2

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Keberhasilan pengelolaan sumber daya air erat kaitannya dengan hidrologi dan sistem perairan, karena
 - A. hidrologi dan sistem perairan dalam pengelolaan sumber daya air mempunyai peran dalam mengidentifikasi potensi sumber daya air dan nilai ekosistem air dalam perairan tertentu.
 - B. keberadaan air dalam bentuk jumlah, waktu, tempat, dan kualitasnya terkait dengan proses hidrologi dan sistem perairan tersebut.

- C. dalam pengelolaan sumber daya air, sistem rawa atau danau, sungai maupun jaringan saluran buatan dapat diupayakan memanfaatkan untuk meningkatkan kinerja sumber daya air secara keseluruhan.
- D. perputaran air di bumi yang terjadi merupakan siklus air yang menyebabkan air berpindah baik dalam bentuk maupun jumlahnya.
- 2) Peran sistem perairan dalam pengelolaan sumber daya air antara lain, *kecuali*:
- A. mengidentifikasi potensi sumber daya air dan nilai ekosistem air dalam perairan tertentu.
- B. menjelaskan perubahan mutu air.
- C. menjelaskan manfaat air dalam perspektif lingkungan.
- D. mengidentifikasi potensi sumber daya air dan nilai ekosistem air dalam perairan secara luas.
- 3) Proses-proses dalam siklus hidrologi, yaitu
- A. Evaporasi dan transpirasi, kondensasi, presipitasi, infiltrasi, denudasi, *run off*.
- B. Evaporasi dan transpirasi, kondensasi, presipitasi, erosi, perkolasi, *run off*.
- C. Evaporasi dan transpirasi, kondensasi, presipitasi, infiltrasi, perkolasi, *run off*.
- D. Evaporasi dan transpirasi, hidrolisis, presipitasi, infiltrasi, perkolasi, *run off*.
- 4) Suatu Daerah Aliran Sungai dengan luas X memiliki debit aliran permukaan sebesar 3 m³/detik, waktu konsentrasi 2,5 jam, curah hujan harian pada bulan September sebesar 3 mm/hari, jarak pengaliran terjauh dari *outlet* 25 km dan beda tinggi dari pengaliran terjauh sampai *outlet* 1200 m. Jika nilai C = 0,55 maka dengan menggunakan metoda rasional besar nilai X adalah:
- A. 3427 ha
- B. 3247 ha
- C. 4327 ha
- D. 4723 ha
- 5) Gambar disamping adalah salah satu jenis peralatan untuk pengukur kecepatan air, yaitu:
- A. alat pengukur air biasa
- B. alat pengukur air otomatis
- C. *sounding equipment*
- D. *current-meter*



- 6) Kesalahan dalam penentuan tinggi muka air diantaranya, *kecuali*:
 - A. kesalahan alat
 - B. kesalahan unit pengukur tinggi
 - C. kesalahan tempat
 - D. kesalahan pencatatan

- 7) Ekosistem air tawar adalah ekosistem air pada kondisi air tenang dan air mengalir, seperti:
 - A. ekosistem estuari
 - B. ekosistem sungai
 - C. ekosistem pantai
 - D. A,B dan C benar

- 8) Menurut wilayah permukaannya secara horizontal, daerah lereng benua dengan kedalaman antara 200-2.500 m dalam ekosistem laut disebut:
 - A epilagik
 - B mesopelagik
 - C batiopelagik
 - D abisalpelagik

- 9) Sungai Ciliwung dan Cisadane berdasarkan jumlah airnya disebut:
 - A. Sungai permanen
 - B. Sungai periodik
 - C. Sungai intermiten
 - D. Sungai Ephimeral

- 10) Sungai yang alirannya tidak teratur atau terikat oleh lereng daratan, disebut:
 - A Sungai obsekuen
 - B Sungai konsekuen
 - C Sungai subsekuen
 - D Sungai insekuen

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 2 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 2.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali
80 - 89% = baik
70 - 79% = cukup
< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 3. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 2, terutama bagian yang belum dikuasai.

Kunci Jawaban Tes Formatif

Tes Formatif 1

- 1) C
- 2) C
- 3) D
- 4) B
- 5) D
- 6) C
- 7) C
- 8) B
- 9) B
- 10) B

Tes Formatif 2

- 1) B
- 2) D
- 3) C
- 4) B
- 5) D
- 6) C
- 7) B
- 8) C
- 9) B
- 10) D

Daftar Pustaka

- Anonim, 2005, *Kemelut Sumberdaya Air: Menggugat Privatisasi Sumberdaya Air di Indonesia*, Lapera Pustaka Utama dan Kruha, Jakarta.
- Asdak, Chay, 2010, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gadjahmada University Press, Yogyakarta.
- Asit K. Biswas, 1996, *Water Resources: Environmental Planning, Mangement, and Development*, McGraw-Hill, USA.
- Chow Ven Te, Suyatman, Kristanto Sugiharto, dan Nensi Rosalina, 1985, *Hidrolika Saluran Terbuka (Open Chennel Hydroulics)*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Grigg S. Neil, 1996, *Water Resources Management, Principles, Regulation and Case*, McGraw-Hill, USA.
- Harto. Sri. BR., 1983, *Mengenal Dasar Hidrologi Terapan*, Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Gadjahmada Yogyakarta.
- Harto. Sri. BR., 1993, *Analisis Hidrologi Terapan*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Irianto, Gatot, 2006, *Pengelolaan Sumnberdaya Lahan dan Air: Strategi Pendekatan dan Pendayagunaannya*, Papas Sinar Sinanti, Badan Peneliti dan Pengembangan Pertanian, Jakarta.
- Kodoatie, J Robert, 1996, *Pengantar Hidrogeologi*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Kodoatie, J Robert, Suharyanto, Sri Sangkawati, dan Sutarto Edhisono, 2002, *Pengelolaan Sumberdaya Air dalam Otonomi Daerah*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Kodoatie, J Robert, dan Roestam Syarief, 2005, *Pengelolaan Sumberdaya Air Terpadu*, Penerbit Andi, Yogyakarta.

- Kodoatie, J Robert, dan Roestam Syarief, 2010, *Tata Ruang Air*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Kusuma Ananta Seta, 1991, *Konservasi Sumberdaya Tanah dan Air*, Kalam Mulia, Jakarta.
- Maryono, Agus, 2003, *Pembangunan Sungai Dampak dan Restorasi Sungai*, Magister Sistem Teknik Universitas Gadjahmada, Yogyakarta.
- Notodihardjo, Mardjono, 1989, *Pengembangan Wilayah Sungai di Indonesia*, Yayasan Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Peraturan Pemerintah Nomor 42 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sumber Daya Air (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2008 Nomor 82, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4858);
- Peraturan Presiden (Perpres) No. 12 tahun 2008 tentang Dewan Sumberdaya Air
- Pramudarno, 1997, *Daya Dukung Air*, Balai Pustaka, Jakarta.
- Sanim, Bunasor, 2011, *Sumberdaya Air dan Kesejahteraan Publik, Suatu Tinjauan Teotitis dan Kajian Praktis*, IPB Press, Bogor.
- Sasongko, Djoko, Ray K. Linsley and Yoseph B. Franzini, *Teknik Sumberdaya Air Jilid 1 Edisi ketiga*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Seyhan, Ersin, 1990, *Fundamental of Hydrology*, Penerjemah Sentot Subagyo, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Steel E.W and Terence J. McGhee, 1984, *Water Supply and Sewerage* ^{4th Edition}, McGraw-Hill International Book Company, Tokyo.
- Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang *Sumber Daya Air* (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2004 Nomor 32, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4377);
- Wilson E.M, 1993, *Hidrologi Teknik*. Penerbit ITB, Edisi Keempat, Bandung.