

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Daur Hidrologi

Tahap pertama dari daur hidrologi adalah penguapan air dari samudera. Uap ini dibawa di atas daratan oleh massa udara yang bergerak. Bila didinginkan hingga titik embunnya, maka uap tersebut akan membeku menjadi butiran air yang dapat dilihat yang membentuk awan atau kabut. Dalam kondisi meteorologis yang sesuai, butiran-butiran air kecil itu akan berkembang cukup besar untuk dapat jatuh ke permukaan bumi sebagai hujan.

Pendinginan massa udara yang besar terjadi karena pengangkatan (*lifting*). Berkurangnya tekanan yang diakibatkan akan disertai dengan turunnya suhu, sesuai dengan hukum tentang gas. *Pengangkatan orografis* akan terjadi bila udara dipaksa naik di atas suatu hambatan yang berupa gunung. Oleh sebab itu, maka lereng gunung yang berada pada arah angin biasanya menjadi daerah yang berhujan lebat. Udara mungkin pula naik di atas massa udara lain yang lebih dingin. Perbatasan antara massa-massa udara ini disebut *permukaan frontal*, dan proses pengangkatannya disebut *pengangkatan frontal*. Akhirnya, udara yang dipanaskan dari bawah mungkin naik ke atas dengan berputar menembus udara yang lebih dingin (*pengangkatan*

pusaran/konvektif) yang menjadi sebab adanya badai pusaran setempat yang biasa terjadi pada musim panas di berbagai tempat di dunia.

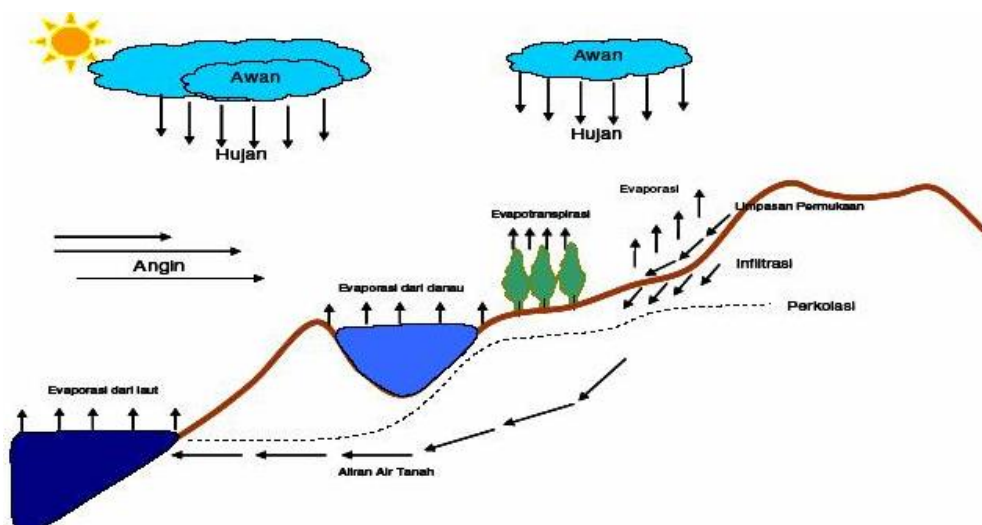
Kira-kira dua pertiga dari presipitasi yang mencapai permukaan tanah dikembalikan lagi ke udara melalui penguapan dari permukaan air, tanah, dan tumbuh-tumbuhan serta melalui transpirasi oleh tanaman. Sisa presipitasi akhirnya kembali ke laut melalui saluran-saluran di atas atau di bawah tanah (Tabel 2.1). Persentase yang besar dari presipitasi yang menguap sering menimbulkan keyakinan bahwa penambahan penguapan dengan pembangunan waduk atau penanaman pohon-pohon akan meningkatkan jumlah embun di udara yang bisa diperoleh untuk presipitasi.

Tabel 2.1 Neraca air wilayah Amerika Serikat

Komponen	10⁹ bgd	10⁶ AF/tahun	inci/tahun	10⁹ m³/tahun
Presipitasi	4235	4750	30,0	5842
Evapotranspirasi	3035	3410	21,5	4194
Aliran sungai	1200	1340	8,5	1648
Penyadapan untuk				
Irigasi	141	157	1,0	193
Penggunaan umum	34	38	0,2	47
Industri	241	269	1,7	331
Jumlah penyadapan	416	464	2,9	571
Konsumsi				
Irigasi	81	91	0,6	112
Umum	9	10	0,1	12
Industri	5	6	0,04	7
Jumlah konsumsi	95	107	0,74	131
Aliran balik (<i>return flow</i>) keseluruhan	321	357	2,16	440
Aliran terbuang ke laut	1105	1233	7,76	1517

Sumber: Teknik Sumber Daya Air, Ray K. Linsley; Joseph B. Franzini

Sebenarnya hanya sebagian kecil dari embun (biasanya jauh kurang dari 10 persen) yang melewati suatu titik tertentu di permukaan bumi yang jatuh sebagai presipitasi. Oleh karenanya, lengas yang diuapkan dari permukaan tanah hanyalah merupakan bagian kecil saja dari keseluruhan lengas atmosfer.



Sumber: bebasbanjir2025.files.wordpress.com

Gambar 2.1 Daur Hidrologi

Daur hidrologi dilukiskan dalam bentuk bagan pada Gambar 2.1. Sebenarnya tidak ada gambar sederhana dapat menunjukkan rumitnya daur tersebut sebagaimana kenyataannya di dalam alam. Pengetahuan hidrologi digunakan untuk penelaahan kecepatan perubahan air diantara tahap-tahap daur itu serta variasi kecepatan ini menurut waktu dan tempatnya. Informasi ini merupakan data yang penting untuk desain hidrolis dari pekerjaan-pekerjaan fisik yang dibangun untuk pengendalian dan pemanfaatan air alamiah.

B. Kekeringan

Kekeringan didefinisikan sebagai suatu periode tertentu yang curah hujannya kurang dari suatu jumlah minimum tertentu. Bahkan bila diterapkan pada suatu daerah dan tanaman tertentu, definisi semacam ini akan jauh dari mencukupi, karena kritisnya waktu dan curah hujan tergantung pada tahap pertumbuhan tanaman, kadar lengas tanah sebelumnya, suhu dan angin selama masa kering itu, dan faktor-faktor lainnya. Bila kekeringan didefinisikan sebagai kurangnya curah hujan untuk produksi pertanian, maka sebagian besar daerah bagian barat Amerika Serikat mengalami kekeringan setiap tahun, karena musim panas yang tanpa hujan biasa terjadi di daerah barat ini. Karena hal ini merupakan kejadian yang biasa, maka telah ditetapkan peraturan untuk menampung atau menyadap air dari sungai-sungai untuk tanaman dan kebutuhan lainnya. Dalam keadaan semacam ini, maka kekeringan didefinisikan sebagai tidak cukupnya aliran sungai. Bila kebutuhan irigasi dipenuhi dari penyadapan air secara langsung tanpa penampungan, maka suatu musim dingin yang curah hujannya rendah mungkin mengakibatkan kekurangan air. Bila waduk-waduk penampungan dirancang untuk menabung air dari suatu tahun bagi tahun berikutnya, maka suatu tahun yang alirannya rendah mungkin tidak akan mengkhawatirkan. Dalam pengertian umum, kekeringan adalah kurangnya air bagi tujuan-tujuan tertentu.

C. Hutan dan Kekeringan

Beberapa ahli konservasi beranggapan bahwa kita harus melestarikan hutan, terutama hutan hujan tropis karena penebangan hutan hujan tropis yang

meluas dapat mengubah daerah tersebut menjadi gurun dan menciptakan kekeringan (Goodland dan Irwin, 1975; Salati *et al.*, 1983). Benarkah demikian? Tidak gampang untuk mendapatkan jawaban yang memuaskan. Tetapi untuk sementara baiklah kita mencoba menelaah anggapan tersebut di atas berdasarkan logika. Istilah gurun dan kekeringan menandakan dua hal yang sedikit berbeda. Kamus yang tersedia menunjukkan bahwa "gurun" adalah tanah gersang dengan jumlah curah hujan yang tidak memungkinkan untuk tumbuhnya tanaman. Sedangkan "kekeringan" adalah keadaan suatu daerah yang kekurangan curah hujan atau kelembaban. Dengan demikian, sukar untuk diterima bahwa hutan hujan tropis dengan curah hujan tahunan lebih dari 2000 mm dapat berubah menjadi gurun karena adanya penebangan hutan di tempat tersebut. Adalah benar bahwa pembalakan hutan yang diikuti oleh pembakaran dan perladangan berpindah yang terlalu intensif dapat mengakibatkan tanah kritis. Tetapi untuk mengatakan bahwa pembalakan hutan mengakibatkan kekeringan rasanya agak berlebihan, kecuali kalau kita mendapatkan bukti bahwa penebangan hutan dapat mempengaruhi secara nyata pola curah hujan di tempat tersebut.

Telah dikemukakan di atas bahwa meskipun bukti-bukti yang meyakinkan telah dikemukakan oleh Lee (1980) dan peneliti lain (antara lain Pereira dalam Hamilton, 1985) bahwa penebangan hutan memberikan pengaruh kecil terhadap curah hujan di daerah yang beriklim sedang (*temperate zone*), persoalan ini cukup menimbulkan silang pendapat sepanjang menyangkut daerah tropis.

Kesimpulan hidrometeorologi yang cukup kontroversial dilaporkan oleh Salati *et al.* (1983) dari hutan hujan tropis Amazon. Dilaporkan bahwa setengah dari seluruh curah hujan yang jatuh di daerah Amazon berasal dari evapotranspirasi vegetasi hutan di daerah itu, yaitu air dari evapotranspirasi dihembus oleh angin dan turun sebagai hujan di daerah yang letaknya lebih ke pedalaman. Apabila laporan ini benar, maka pembabatan hutan di tempat tersebut akan mengurangi bidang permukaan transpirasi dan, dengan demikian, dapat menurunkan jumlah hujan yang dihasilkan dari proses evapotranspirasi vegetasi di daerah yang lebih ke pedalaman. Dengan kata lain, penebangan hutan yang meluas dan permanen dapat mengurangi tingkat kelembaban udara, dan pada gilirannya dapat menurunkan curah hujan di DAS tersebut.

Sayang sekali bahwa penelitian tentang pengaruh penebangan hutan terhadap perubahan iklim dan aliran air di daerah tropis Asia Tenggara boleh dikatakan sangat kurang. Sehingga data yang akurat tentang perilaku aliran air dan terutama iklim sebagai akibat perubahan penutupan tanah belum dapat dikemukakan dengan pasti. Berbeda dengan kasus yang terjadi di daerah aliran sungai Amazon, penebangan hutan di daerah tropis Indonesia tampaknya tidak menunjukkan pengaruh nyata terhadap pola curah hujan setempat. Keadaan ini disebabkan oleh dua hal. Pertama luas DAS di Indonesia tidak seluas DAS Amazon di Amerika Selatan (DAS Amazon merupakan satu kesatuan daratan yang maha luas, sedang DAS di Indonesia terletak pada pulau-pulau yang terpisahkan oleh laut), sehingga bagian curah hujan yang berasal dari evapotranspirasi hutan di daerah aliran sungai di

Indonesia adalah kecil relatif daripada yang berasal dari laut. Oleh karenanya, penebangan hutan (pengurangan bidang evapotranspirasi) tidak cukup berpengaruh terhadap besarnya curah hujan di daerah itu. Kedua, musim hujan dan kemarau di Indonesia sangat dipengaruhi oleh angin muson (*monsoons*) barat laut (bergerak dari laut Cina Selatan) dan angin muson tenggara yang berasal dari Australia. Angin muson adalah angin yang bergerak relatif tetap dengan intensitas sedang dari arah barat laut dan tenggara untuk masing-masing selama lebih kurang 6 bulan.

Selama musim hujan, November - Mei, angin muson bergerak dari arah barat laut. Angin ini membawa serta uap air ketika melewati laut Cina Selatan, dan melalui mekanisme alamiah, uap air tersebut turun di bumi Nusantara dalam bentuk hujan. Dengan proses yang sama, selama kurang lebih enam bulan berikutnya sebagian wilayah Indonesia mengalami musim kemarau akibat pengaruh angin muson tenggara yang mengandung sedikit uap air. Dengan demikian menjadi jelas bahwa peristiwa hujan di Indonesia terjadi terutama karena gerakan massa uap air dari arah barat laut (evaporasi laut Cina Selatan) dan bukan berasal dari proses evapotranspirasi vegetasi hutan tropis Indonesia. Oleh karenanya dapat dikatakan bahwa penebangan hutan terbatas (pembalakan dan peladangan berpindah) tidak mempengaruhi pola hujan lokal. Laporan bahwa penebangan hutan tidak mempengaruhi pola hujan lokal juga dilaporkan dari daerah Afrika (Oyebande, 1988).

Dalam menelaah bentuk hubungan kausalitas antara hutan dan curah hujan ada satu perkecualian yang patut diperhatikan. Pada keadaan fisiografis

tertentu, misalnya, di daerah sepanjang pantai atau daerah pegunungan yang selalu diselimuti kabut, hutan dapat "menangkap" dan mengembunkan uap air di tempat tersebut dan mengubahnya menjadi butiran-butiran hujan (Brooks *et al.*, 1987). Curah hujan yang dikenal dengan istilah "*occult precipitation*" ini dapat memberikan tambahan curah hujan yang relatif besar. Ekern (1964) dari Hawaii melaporkan bahwa hutan *Araucaria heterophylla*, melalui proses kondensasi, mampu memberikan tambahan curah hujan sebesar 760 mm di tempat tersebut. Penebangan hutan di daerah berkabut tersebut akan mengurangi terjadinya "*occult precipitation*" (curah hujan yang berasal dari proses pengembunan kabut di permukaan daun atau tajuk vegetasi) meskipun akan segera kembali berfungsi seiring dengan pertumbuhan hutan. Pada kasus ini, konversi hutan menjadi ladang pertanian atau bentuk nonhutan lainnya akan menghilangkan kelembaban udara dari sistem neraca air di tempat tersebut, dan dengan demikian menurunkan jumlah curah hujan lokal.

D. Kelangkaan Air

Pemanfaatan sumber daya air bagi kebutuhan umat manusia semakin hari semakin meningkat. Hal ini seiring dengan pesatnya pertumbuhan penduduk di dunia, yang memberikan konsekuensi logis terhadap upaya-upaya pemenuhan kebutuhan hidupnya. Disatu sisi kebutuhan akan sumber daya air semakin meningkat pesat dan disisi lain kerusakan dan pencemaran sumberdaya air semakin meningkat pula sebagai implikasi pertumbuhan populasi dan industrialisasi. Sumber daya air yang dimanfaatkan untuk kebutuhan manusia paling dominan berasal dari air hujan. Menurut

Shiklomanov (1997) dalam Unesco (2003) disebutkan bahwa lebih dari 54% *run off* yang dapat dimanfaatkan, digunakan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Apabila tingkat kebutuhan semakin lama semakin tinggi, maka dikuatirkan ketersediaan air tidak mencukupi. Pada saat ini diperkirakan terdapat lebih dari 2 milyar manusia per hari terkena dampak kekurangan air di lebih dari 40 negara didunia. 1,1 milyar tidak mendapatkan air yang memadai dan 2,4 milyar tidak mendapatkan sanitasi yang layak (WHO/UNICEF, 2000). Implikasinya jelas pada munculnya penyakit, kekurangan makanan, konflik kepentingan antara penggunaan dan keterbatasan air dalam aktivitas-aktivitas produksi dan kebutuhan sehari-hari.

Prediksi pada tahun 2050 secara mencemaskan dikemukakan bahwa 1 dari 4 orang akan terkena dampak dari kekurangan air bersih (Gardner-Outlaw and Engelman, 1997 dalam UN, 2003). Pada saat ini di negara-negara berkembang mempunyai kesulitan dalam memenuhi kebutuhan air minum per kapita per tahun yaitu 17.000 m³ sebagai air bersih yang diperlukan untuk aktivitas sehari-hari dan untuk pemenuhan aspek kesehatan. Hal ini sebagian besar terdapat di Afrika, diikuti kemudian oleh Asia dan beberapa bagian di Eropa Timur dan Amerika Selatan (WWAP, 2002).

Sementara itu dalam konteks lokal di Indonesia, kelangkaan air ini telah menjadi permasalahan dalam manajemen sumber daya air yang harus dipecahkan. Kelangkaan air akan sangat terlihat pada saat musim kemarau datang. Sebagai salah satu contoh, adalah fenomena di Jakarta. Ibu Kota negara ini dialiri 13 sungai, terletak di dataran rendah dan berbatasan

langsung dengan Laut Jawa. Seiring dengan pertumbuhan penduduk Jakarta yang sangat pesat, berkisar hampir 9 juta jiwa, maka penyediaan air bersih menjadi permasalahan yang rumit. Dengan asumsi tingkat konsumsi maksimal 175 liter per orang, dibutuhkan 1,5 juta meter kubik air dalam satu hari. Neraca Lingkungan Hidup Daerah Provinsi DKI Jakarta tahun 2003 menunjukkan, Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) diperkirakan baru mampu menyuplai sekitar 52,13 persen kebutuhan air bersih untuk warga Jakarta. (Kompas, 20 Juni 2005).

E. Kualitas Air

Meskipun secara kuantitatif terdapat keseimbangan antara jumlah air yang tersedia dengan kebutuhan yang diperlukan, namun saat ini pencemaran air sungai, danau dan air bawah tanah meningkat dengan pesat. Sumber pencemaran yang sangat besar berasal dari manusia, dengan jumlah 2 milyar ton sampah per hari, dan diikuti kemudian dengan sektor industri dan pestisida dan penyuburan pada pertanian (UNESCO, 2003). Sehingga memunculkan prediksi bahwa separuh dari populasi di dunia akan mengalami pencemaran sumber-sumber perairan dan juga penyakit berkaitan dengannya.

Pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya. Pencemaran yang diakibatkan oleh adanya limbah industri dan domestik mempunyai banyak akibat buruk. Pencemaran limbah dapat mengakibatkan menurunnya keindahan lingkungan,

penyusutan sumber daya, dan adanya wabah penyakit dan keracunan. Masuknya limbah ke dalam sungai selain memberikan dampak terhadap perubahan fisik air sungai juga memberikan dampak secara khemis dan biologis terhadap air sungai. Secara umum dampak tersebut adalah terjadinya dekomposisi bakteri aerobik, dekomposisi bakteri anaerobik, dan perubahan karakter biotik.

Visi 21 yang diungkapkan PBB terhadap target penyediaan air dan sanitasi adalah: 1) Mengurangi separuh dari proporsi manusia dari tanpa akses menuju fasilitas sanitasi higienis pada tahun 2015, 2) Mengurangi separuh proporsi masyarakat dari tanpa akses air bersih yang berkelanjutan menuju kecukupan secara kuantitatif pada tahun 2015, dan 3) Penyediaan air dan sanitasi yang higienis pada tahun 2015 (WSSCC, 2000).

Secara struktural dan institusional pelaksanaan manajemen perkotaan, industri dan pertanian pada negara-negara berkembang belum berjalan dengan baik. Pada beberapa negara di Asia bahkan sangat buruk, hal tersebut secara deskriptif dinyatakan dalam laporan CSE (1999) tentang gambaran sungai-sungai di India. Dikatakan bahwa sungai-sungai di India, terutama sungai-sungai kecil, semuanya mengandung aliran berbahaya (*toxic stream*). Dan bahkan sungai yang terbesar seperti Sungai Gangga juga sangat jauh dari kategori sungai bersih. Kondisi ini disebabkan oleh pertumbuhan populasi, modernisasi pertanian, urbanisasi dan industrialisasi yang semakin hari semakin besar. Sebagian besar penduduk di kota-kota di India

menggantungkan sumber air minumannya dari sungai. Dengan demikian mereka berada pada kondisi dan keadaan yang terancam.

Di Indonesia, sebagai salah satu contoh kasus adalah kondisi pencemaran di Sungai Gajahwong Yogyakarta. Sungai Gajahwong memiliki tidak kurang dari 73 daerah pembuangan sampah, dimana 97%-nya merupakan pembuangan dengan kategori sedang sampai dengan banyak, artinya produksi sampah di sepanjang daerah ini sangat besar dan sebagian besar sampahnya berasal dari warga sekitar. Apabila dilihat dari banyaknya titik-titik pembuangan sampah yang ada maka tidak mengherankan bila kualitas air sungai di Gajahwong mengalami penurunan. Hal itu antara lain terlihat dari tingginya kadar Cl yang mencapai 19,8 mg/l pada daerah titik pengamatan di sekitar daerah Dayu hingga Terminal Condong Catur, dan bakteri *coli* yang melebihi 2400 MPN/100 ml. Sedangkan di daerah tengah dari titik pengamatan Nologaten hingga Museum Affandi diperoleh nilai Cl sebesar 15,8-31,6 mg/l dan kadar *coli* juga lebih tinggi dari 2400 MPN/100 ml. Sedangkan di daerah hilir dari titik pengamatan daerah Sukowaten hingga Wirokerten diperoleh kadar Cl berkisar dari 26-180 mg/l dan kadar *coli* 1100 hingga lebih dari 2400 MPN/100ml (Widyastuti dan Marfai, 2004).

F. Sumur Resapan

Konsep dasar sumur resapan pada hakikatnya adalah memberi kesempatan dan jalan pada air hujan yang jatuh pada lahan kedap air untuk meresap ke dalam tanah lalu menampung air tersebut pada suatu sistem resapan. Berbeda

dengan cara konvensional dimana air hujan dibuang atau dialirkan ke sungai diteruskan ke laut.

Prinsip kerja sumur resapan adalah menyalurkan dan menampung air hujan ke dalam lubang atau sumur agar air dapat memiliki waktu tinggal di permukaan tanah lebih lama sehingga sedikit demi sedikit air dapat meresap ke dalam tanah. Semakin banyak air yang mengalir ke dalam tanah maka akan banyak tersimpan air tanah di bawah permukaan bumi. Pengaruhnya, bahaya banjir dapat dihindari karena terkumpulnya air permukaan yang berlebihan di suatu tempat dapat dihindari. Menurunnya aliran permukaan ini juga akan menurunkan tingkat erosi tanah. (Kusnaedi, 1999).