

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Siklus Hidrologi

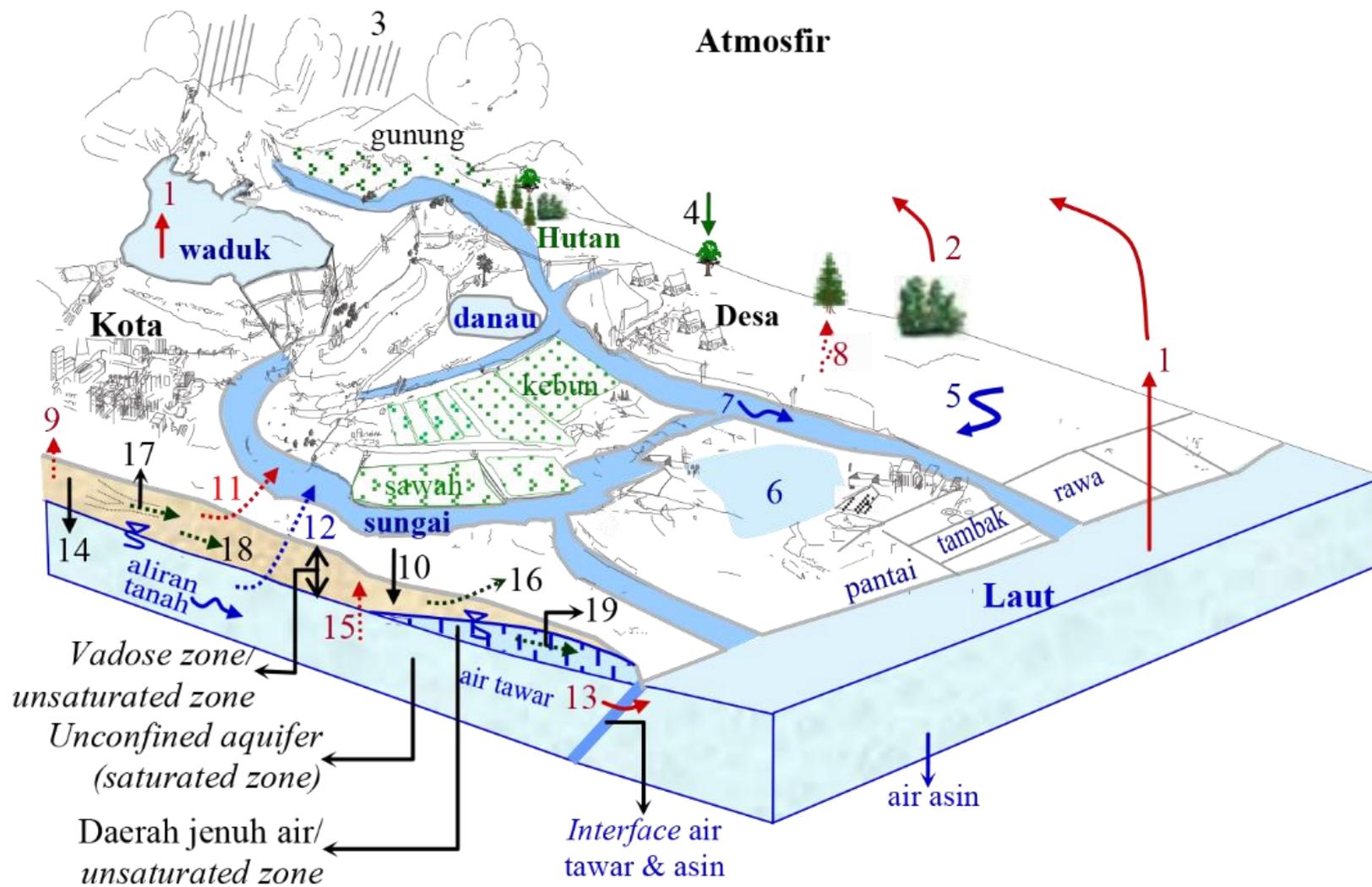
Air secara alami mengalir dari hulu ke hilir, dari daerah yang lebih tinggi ke daerah yang lebih rendah. Air mengalir di atas permukaan tanah namun air juga mengalir di dalam tanah. Air juga dapat berubah wujud, dapat berupa zat cair sesuai dengan nama atau sebutannya "air", dapat berupa benda padat yang disebut "es", dan dapat pula berupa gas yang dikenal dengan nama "uap air". Perubahan fisik bentuk air ini tergantung dari lokasi dan kondisi alam. Ketika dipanaskan sampai 100°C maka air berubah menjadi uap dan pada suhu tertentu uap air berubah kembali menjadi air. Pada suhu yang dingin di bawah 0°C air berubah menjadi benda padat yang disebut es atau salju. Air dapat juga berupa air tawar (*fresh water*) dan dapat pula berupa air asin (air laut) yang merupakan bagian terbesar di bumi ini. Di dalam lingkungan alam proses, perubahan wujud, gerakan aliran air (di permukaan tanah, di dalam tanah dan di udara) dan jenis air mengikuti suatu siklus keseimbangan dan dikenal dengan istilah siklus hidrologi.

Menurut Kodoatie (2012) proses perjalanan air dalam siklus hidrologi seperti ditunjukkan pada Gambar 1, adalah:

1. Penguapan/evaporasi: Proses ini terjadi pada laut, danau, waduk, rawa, sungai, tambak dan lain-lain.
2. Evapotranspirasi: yaitu suatu proses pengambilan air oleh akar tanaman untuk kebutuhan hidupnya, kemudian terjadi penguapan pada tanaman tersebut. Proses pengambilan air oleh akar tanaman disebut transpirasi, sedangkan proses penguapan pada tanaman akibat dari sinar matahari disebut evaporasi.
3. Hujan/salju turun: Uap air dari proses evaporasi dan evapotranspirasi di atmosfer akan berubah menjadi cairan akibat proses kondensasi, tetesan air yang terbentuk tersebut saling berbenturan satu dengan yang lainnya dan terbawa oleh angin sampai berubah menjadi butir-butir air. Butir-butir air tersebut akan terakumulasi dan semakin berat, sehingga secara gravitasi akan turun ke bumi.

4. Air hujan di tanaman: Air hujan yang terjadi akan langsung jatuh (*through flow*) atau mengalir melalui batang tanaman (*stem flow*) serta air hujan tersebut ada yang tertinggal di atau jatuh dari daun (*drip flow*). Perlu waktu yang relatif lama untuk air hujan mencapai tanah apabila tanaman tersebut cukup rimbun.
5. Aliran permukaan (*run-off*): Aliran yang bergerak di atas permukaan tanah. Secara alami air akan mengalir dari daerah yang tinggi ke daerah yang rendah, dari gunung ke lembah, kemudian menuju ke daerah lebih rendah, sampai ke pantai dan akhirnya bermuara ke laut atau ke danau.
6. Banjir/genangan: Banjir dan genangan terjadi akibat dari luapan sungai atau daya tampung drainase yang tidak mampu mengalirkan air.
7. Aliran sungai (*river flow*): Aliran permukaan mengalir menuju daerah tangkapan air atau daerah aliran sungai menuju ke sistem jaringan sungai. Aliran dalam sistem sungai akan mengalir dari sungai kecil menuju sungai yang lebih besar dan berakhir di mulut sungai (estuari), tempat sungai dan laut bertemu.
8. Transpirasi: Proses pengambilan air oleh akar tanaman untuk memenuhi kebutuhan hidup dari tanaman tersebut.
9. Kenaikan kapiler: Air dalam tanah mengalir dari aliran air tanah karena mempunyai daya kapiler untuk menaikkan air ke *vadose zone* menjadi butiran air tanah (*soil moisture*), demikian juga butiran air tanah ini naik secara kapiler ke permukaan tanah.
10. Infiltrasi: Sebagian dari air permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (*soil water*).
11. Aliran antara (*interflow*): air dari *soil water* yang mengalir menuju jaringan sungai, waduk, situ-situ dan danau.
12. Aliran dasar (*base flow*): aliran air dari *ground water* yang mengisi sistem jaringan sungai, waduk, situ-situ, rawa dan danau.
13. Aliran *run-out*: aliran dari *ground water* yang langsung menuju ke laut.
14. Perkolasi: Air dari *soil moisture* di daerah *vadose zone* yang mengisi aliran air tanah.

15. Kenaikan kapiler: aliran dari air tanah (*ground water*) yang mengisi *soil water*.
16. *Return flow*: aliran air dari *soil water/vadoze zone* menuju ke permukaan tanah.
17. *Pipe flow* (aliran pipa): aliran yang terjadi dalam tanah.
18. *Unsaturated throughflow*: aliran yang melewati daerah tidak jenuh air.
19. *Saturated flow*: aliran yang terjadi pada daerah jenuh air.



Gambar 1. Proses Perjalanan Air dalam Siklus Hidrologi
(Sumber: Kodoatie, 2012)

Menurut Seyhan (1990), daur hidrologi diberi batasan sebagai suksesi tahapan-tahapan yang dilalui air dari atmosfer ke bumi dan kembali lagi ke atmosfer, evaporasi dari tanah atau laut maupun air pedalaman, kondensasi untuk membentuk awan, presipitasi, akumulasi di dalam tanah maupun dalam tubuh air, dan evaporasi kembali. Daur hidrologi mempunyai manfaat yang kecil bagi hidrolog yang terlibat dengan pengkajian terinci, kuantitatif dari terjadinya air dan gerakannya. Namun, daur tersebut berguna untuk memberikan konsep pengantar mengenai bagaimana air bersirkulasi secara umum dan proses-proses yang terlibat dalam sirkulasi ini.

Siklus hidrologi merupakan proses yang berlangsung secara terus menerus di mana air yang berada di bumi bergerak ke atmosfer dan akan kembali ke bumi lagi, Triatmodjo (2008) menjelaskan siklus hidrologi diawali dengan terjadinya penguapan air yang berada di permukaan tanah, sungai, danau serta laut. Uap air tersebut menuju atmosfer akan berubah menjadi titik air sehingga terbentuk awan akibat dari proses kondensasi, kemudian titik-titik air tersebut akan turun menjadi hujan di daratan maupun lautan. Hujan yang jatuh sebagian ditahan oleh tanaman dan sebagian lagi jatuh ke permukaan tanah. Air hujan yang jatuh ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi) dan akan mengalir menjadi aliran permukaan (*surface runoff*) sebagai pengisi danau, sungai dan cekungan tanah. Air dari proses infiltrasi akan mengalir di dalam tanah (perkolasi) dan mengisi air tanah yang nantinya akan keluar sebagai mata air atau akan mengalir ke sungai yang pada akhirnya akan mengalir menuju ke laut.

Menurut Tchakerian (2015), dasar konsep dari hidrologi adalah siklus hidrologi yang digambarkan dalam skala ruang dan waktu yang berbeda. Secara global siklus hidrologi merupakan proses terus menerus yang menghubungkan air di atmosfer dengan air yang di darat maupun di laut. Pergerakan air dari ruang satu ke yang lain terjadi melalui tiga fase, misalnya pergerakan air dari permukaan tanah ke atmosfer terjadi dalam fase uap (penguapan dan kondensasi), fase cair yaitu hujan dan fase padat yaitu salju.

2.2. Sumber Daya Air

Sumber daya air merupakan bagian dari sumber daya alam yang mempunyai sifat yang sangat berbeda dengan sumber daya alam lainnya. Air adalah sumber daya yang terbaru, bersifat dinamis mengikuti siklus hidrologi yang secara alamiah berpindah-pindah serta mengalami perubahan bentuk dan sifat. Tak seorangpun yang menyangkal bahwa air merupakan kebutuhan dasar bagi seluruh kehidupan, baik manusia, binatang maupun tumbuh-tumbuhan yang tidak dapat digantikan oleh substansi lain. Karena itu hak kepemilikan air hanya pada negara agar dapat menjamin kehidupan. Bagi Indonesia yang merupakan negara agraris yang tengah merintis arah pembangunan nasionalnya menuju era industrialisasi, peranan sumber daya air sangatlah menentukan. Di samping itu, sejalan dengan pertumbuhan penduduk Indonesia yang terus berlangsung, peranan sumber daya air dimaksud juga dirasakan semakin menentukan dalam kehidupan sehari-hari (Sutardi, 2002).

Daerah-daerah yang sumber daya airnya dialokasikan sepenuhnya untuk mensejahterakan masyarakatnya akan mengalami kesulitan terutama pada musim kemarau (Pedro-Monzonís *et al.*, 2016). Pengambil keputusan harus mengupayakan ketersediaan air baik untuk kebutuhan manusia maupun yang disyaratkan oleh lingkungan, ini berarti bahwa dibutuhkan investasi yang besar dalam pembangunan infrastruktur serta diperlukan peraturan tentang sumber daya air dan pemakaian secara intensif sumber daya air non konvensional seperti air yang digunakan kembali dan air hasil dari proses desalinasi.

Sifat-sifat air menurut Mori *et al.* (2003) yaitu air berubah ke dalam tiga bentuk/sifat menurut waktu dan tempat, yakni air sebagai bahan padat, air sebagai cairan dan air sebagai uap seperti gas. Keadaan-keadaan ini kelihatannya adalah keadaan alamiah biasa karena selalu kelihatan demikian, tetapi sebenarnya keadaan-keadaan/sifat-sifat ini adalah keadaan yang aneh di antara seluruh benda-benda. Tidak ada suatu benda yang berubah ke dalam tiga sifat dengan suhu dan tekanan yang terjadi dalam hidup kita sehari-hari. Umumnya benda menjadi kecil jika suhu menjadi rendah. Tetapi air mempunyai volume yang minimum pada suhu 4°C. Lebih rendah dari 4°C, volume air itu menjadi agak besar. Pada pembekuan, volume es menjadi 1/11 kali lebih besar dari volume air semula. Mengingat es

mengambang di permukaan air (karena es lebih ringan dari air), maka keseimbangan antara air dan es dapat dipertahankan oleh pembekuan dan pencairan. Jika es lebih berat dari air, maka es itu akan tenggelam ke dasar laut atau danau dan makin lama makin menumpuk yang akhirnya akan menutupi seluruh dunia.

2.3. Limpasan Permukaan (*surface runoff*)

Menurut Asdak (2014) limpasan permukaan adalah air hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju sungai, danau dan lautan, sedangkan menurut Triatmodjo (2008) yang dimaksud dengan limpasan permukaan adalah air hujan yang mengalir dalam bentuk tipis di atas permukaan lahan yang akan masuk ke drainase kemudian bergabung mengalir menjadi anak sungai dan pada akhirnya menjadi aliran sungai.

Limpasan permukaan berlangsung ketika jumlah curah hujan telah melampaui laju infiltrasi air ke dalam tanah, setelah itu air akan mulai mengisi cekungan-cekungan pada permukaan tanah, setelah pengisian terhadap cekungan tersebut selesai, air mengalir di atas permukaan dengan bebas. Limpasan yang mengalir agak cepat selanjutnya membentuk aliran debit sedangkan limpasan lain ada yang memerlukan waktu berhari-hari atau bahkan beberapa minggu sebelum akhirnya menjadi aliran debit karena melewati cekungan-cekungan permukaan tanah (Asdak, 2014).

Faktor-faktor yang mempengaruhi limpasan permukaan dapat dikelompokkan menjadi faktor yang berhubungan dengan iklim dan faktor yang berhubungan dengan karakteristik daerah aliran sungai. Laju dan volume limpasan permukaan dipengaruhi oleh lama waktu hujan, intensitas dan penyebaran hujan. Limpasan permukaan total untuk intensitas hujan tertentu secara langsung berhubungan dengan lama waktu hujan. Infiltrasi akan berkurang pada tingkat awal kejadian hujan. Oleh karena itu, hujan dengan waktu yang singkat tidak banyak menghasilkan limpasan permukaan, sedangkan pada hujan dengan intensitas yang sama dan dengan waktu yang lama, akan menghasilkan limpasan permukaan yang lebih besar (Asdak, 2014).

Limpasan permukaan, berdasarkan uraian di atas dapat dikatakan sebagai aliran air hujan yang mengalir di permukaan tanah yang akan menjadi aliran sungai setelah mengalir melewati selokan atau parit-parit yang mengarah ke anak sungai. Limpasan permukaan sangat dipengaruhi oleh faktor iklim dan karakteristik daerah aliran sungai, di mana lama intensitas hujan berbanding lurus dengan besarnya limpasan permukaan yang terjadi. Hujan turun dalam intensitas yang tinggi dan lama dapat memicu limpasan permukaan, menurut Dehotin *et al.*, (2015) hal ini merupakan salah satu proses yang terlibat dalam terjadinya banjir, erosi, tanah longsor dan transfer polusi.

2.4. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 52/Kpts-II/2001 tentang Pedoman Penyelenggaraan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, memuat pengertian Daerah Aliran Sungai (DAS) sebagai suatu daerah tertentu yang bentuk dan sifat alamnya sedemikian rupa, sehingga merupakan kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya yang melalui daerah tersebut dalam fungsinya untuk menampung air yang berasal dari curah hujan dan sumber air lainnya dan kemudian mengalirkannya melalui sungai utamanya (*single outlet*). Satu DAS dipisahkan dari wilayah lain di sekitarnya (DAS-DAS lain) oleh pemisah dan topografi, seperti punggung perbukitan dan pegunungan.

Menurut Triatmodjo (2008), Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan daerah yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung/pegunungan di mana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik/stasiun yang ditinjau. DAS ditentukan dengan menggunakan peta topografi yang dilengkapi dengan garis-garis kontur. Untuk maksud tersebut akan digunakan peta topografi dengan skala 1:50.000, yang dapat diperoleh dari Direktorat Geologi, Dinas Topografi Angkatan Darat atau instansi lain. Garis-garis kontur dipelajari untuk menentukan arah dari limpasan permukaan. Limpasan berasal dari titik-titik tertinggi dan bergerak menuju titik-titik yang lebih rendah dalam arah tegak lurus dengan garis-garis kontur. Daerah yang dibatasi oleh garis yang menghubungkan titik-titik tertinggi tersebut adalah DAS. Luas DAS diperkirakan dengan mengukur

daerah itu pada peta topografi. Luas DAS sangat berpengaruh terhadap debit sungai. Pada umumnya semakin besar DAS semakin besar jumlah limpasan permukaan sehingga semakin besar pula aliran permukaan atau debit sungai.

Dalam lampiran Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 52/Kpts-II/2001 tentang Pedoman Penyelenggaraan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, dijelaskan beberapa prinsip dasar pengelolaan DAS yaitu:

- a. Pengelolaan DAS berupa pemanfaatan, pemberdayaan, pengembangan, perlindungan dan pengendalian sumber daya dalam DAS.
- b. Pengelolaan DAS berlandaskan pada asas keterpaduan, kelestarian, kemanfaatan, keadilan, kemandirian (kelayakan usaha) serta akuntabilitas.
- c. Pengelolaan DAS diselenggarakan secara terpadu, menyeluruh, berkelanjutan dan berwawasan lingkungan.
- d. Pengelolaan DAS dilakukan melalui pendekatan ekosistem yang dilaksanakan berdasarkan prinsip “satu sungai, satu rencana, satu pengelolaan” dengan memperhatikan sistem pemerintahan yang desentralistik sesuai jiwa otonomi yang luas, nyata dan bertanggung jawab.
 - Satu sungai (dalam arti DAS) merupakan kesatuan wilayah hidrologi yang dapat mencakup beberapa wilayah administratif yang ditetapkan sebagai satu kesatuan wilayah pengelolaan yang tidak dapat dipecah-pisahkan;
 - Dalam satu sungai hanya berlaku Satu Rencana Kerja yang terpadu, menyeluruh, berkelanjutan dan berwawasan lingkungan;
 - Dalam satu sungai diterapkan Satu Sistem Pengelolaan yang dapat menjamin keterpaduan kebijakan, strategi perencanaan serta operasionalisasi kegiatan dari hulu sampai hilir.

Keterpaduan tersebut diperlukan karena:

- Terdapat keterkaitan antara berbagai kegiatan (multi sektor) dalam pengelolaan sumber daya alam dan pembinaan aktivitas manusia dalam penggunaannya;
- Melibatkan berbagai disiplin ilmu yang mendasari (bersifat multi disiplin) dan mencakup berbagai kegiatan;

- Meliputi daerah hulu sampai hilir.

Pengelolaan DAS terpadu mempunyai ciri pokok sebagai berikut:

- Sasaran yang jelas, yaitu suatu pencapaian hasil yang telah direncanakan dan diharapkan akan terjadi pada masa datang;
- Strategi waktu, yaitu penjadwalan untuk mengkoordinasikan dan mengintegrasikan setiap kegiatan dalam mewujudkan sasaran;
- Melibatkan berbagai sektor dan disiplin ilmu terkait, yaitu upaya melibatkan dan mengkoordinasikan peran serta sektor dan disiplin ilmu menuju sasaran secara bersama;
- Tumbuhnya motivasi setiap sektor, dengan mengacu kepada keterlibatan berbagai sektor dalam proses penetapan sasaran akan merangsang keinginan atau tekad untuk mencapai hasil.

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan area yang berada di kondisi dataran rendah berbentuk cekungan, di mana DAS merupakan tempat berkumpulnya air hujan, air permukaan atau salju yang mencair (Liu, 2015). Air dari DAS akan bergabung dengan badan air lain seperti sungai, danau, lahan basah, waduk atau laut. Drainase dalam ilmu hidrologi merupakan unit logis yang digunakan untuk mempelajari pergerakan air dalam siklus hidrologi karena sebagian besar air yang mengalir di dalamnya merupakan air hujan yang berasal dari lembah sungai.

2.5. Daya Dukung Lingkungan

Undang-undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, menyebutkan bahwa pengertian daya dukung lingkungan hidup adalah kemampuan lingkungan hidup untuk mendukung perikehidupan manusia, makhluk hidup lain dan keseimbangan antar keduanya. Padatnya jumlah penduduk berpengaruh terhadap daya dukung lingkungan baik kebutuhan akan sumber daya air dan produktivitas lahan yang tersedia. Pertambahan jumlah penduduk membutuhkan perluasan lahan sebagai wadah aktivitas yang nantinya tumbuh dan berkembang. Apabila perkembangan tersebut tidak dikendalikan dengan baik maka dapat terjadi konversi lahan untuk aktivitas

yang tidak sesuai dengan fungsi dan daya dukungnya yang akan berdampak pada penurunan daya dukung lingkungan (Clark, 1994).

Konsep daya dukung terhadap populasi manusia mulai diterapkan pada tahun 1960-an. Ditekankan bahwa kebiasaan manusia dalam hal mengkonsumsi sangat bervariasi dibandingkan dengan jenis hewan, menyebabkan sangat sulit untuk menduga daya dukung bumi bagi manusia. Oleh karena itu daya dukung lingkungan untuk kehidupan manusia merupakan fungsi tidak hanya jumlah populasi, tetapi juga perbedaan tingkat konsumsi yang dipengaruhi oleh teknologi produksi dan konsumsi. Analisis daya dukung lingkungan aspek sumber daya air dapat dilakukan melalui 4 (empat) hirarki analisis, yaitu meliputi penetapan status daya dukung lingkungan berbasis neraca air, kajian sumber daya iklim untuk pertanian (tipe agroklimat), analisis potensi suplai air dan kajian indikator degradasi sumber daya air (Prastowo, 2010).

Kang & Xu (2012) mendefinisikan konsep daya dukung berkelanjutan dengan karakteristik ekosistem regional berdasarkan dua hal. Pertama, daya dukung harus dapat mempertahankan kelangsungan hidup ekosistem regional secara normal, sehingga peneliti harus memperhitungkan jumlah sumber daya dan kapasitas lingkungan untuk mempertahankan fungsi-fungsi tersebut. Kedua, harus dilakukan evaluasi terhadap pertumbuhan penduduk dan intensitas kegiatannya yang dapat didukung oleh sumber daya alam setelah mempertimbangkan kebutuhan ekosistem. Pendekatan ini mengutamakan kondisi ekosistem regional yang baik serta dapat menghindari kekurangan terkait dengan kelebihan perhitungan karena terbatasnya ruang lingkup analisis.

Daya dukung lingkungan berbasis neraca air suatu wilayah dapat diketahui dengan menghitung kapasitas ketersediaan air, yang besarnya sangat tergantung pada kemampuan menjaga dan mempertahankan dinamika siklus hidrologi pada daerah hulu DAS. Upaya mempertahankan siklus hidrologi secara buatan sangat ditentukan oleh kemampuan meningkatkan kapasitas simpan air, baik penyimpanan secara alami melalui upaya rehabilitasi dan konservasi wilayah hulu DAS, maupun secara struktur buatan seperti pembangunan waduk/bendungan, embung dan lainnya. Pemanfaatan sumber-sumber air yang tidak terkendali dapat menyebabkan

pasokan air cenderung berkurang akibat inefisiensi pemakaian air baik untuk pertanian, domestik, industri dan sebagainya. Pengendalian status daya dukung air ditentukan oleh kemampuan menjaga kapasitas simpan air, sistem distribusi (alokasi) air, serta pemanfaatan/pemakaian air yang efisien melalui penyediaan prasarana penyediaan air. Analisis daya dukung lingkungan berbasis neraca air menunjukkan perbandingan antara kondisi ketersediaan air pada suatu wilayah dengan kebutuhan yang ada. Dari perbandingan keduanya, diperoleh status kondisi ketersediaan air pada wilayah tersebut (Prastowo, 2010).

Soemarwoto (2004) menjelaskan bahwa daya dukung lingkungan, dapat dilihat secara alamiah berdasarkan jumlah biomas (bahan organik tumbuhan) yang tersedia untuk makanan ternak per satuan luas lahan. Daya dukung dibedakan dengan beberapa tingkatan, yaitu:

a. Daya Dukung Maksimum

Merupakan jumlah maksimum hewan yang dapat didukung per satuan luas lahan. Dengan jumlah hewan yang maksimum, biomas sebagai sumber makanan sebenarnya tidak cukup. Walaupun hewan tersebut masih hidup, namun akan memiliki kondisi yang tidak sehat, kurus, lemah, mudah terserang penyakit serta mudah diserang hewan pemangsa.

b. Daya Dukung Subsisten

Pada daya dukung kondisi ini, jumlah hewan agak kurang, namun ketersediaan makanan lebih banyak, tetapi masih pas-pasan. Kondisi hewan masih kurus, mudah terserang penyakit dan diserang hewan pemangsa. Kondisi ini masih menyebabkan kerusakan lingkungan.

c. Daya Dukung Optimum

Pada kondisi ini, jumlah hewan lebih rendah dan terdapat keseimbangan yang baik antara jumlah hewan dengan persediaan makanan. Kondisi optimum merupakan kondisi ideal bagi lingkungan karena pada kondisi ini lingkungan tidak mengalami kerusakan serta kecepatan rumput yang dimakan seimbang dengan kecepatan regenerasi tumbuhan sebagai bahan makanan.

d. Daya Dukung Suboptimum

Pada kondisi ini, jumlah persediaan makanan jauh melebihi kebutuhan hewan karena jumlah hewan lebih rendah. Dengan kondisi ini, hewan tidak akan kekurangan makanan, namun akan mengakibatkan tanaman yang tidak termakan menjadi layu dan keras sehingga mutu padang penggembalaan turun. Kondisi ini juga akan merusak lingkungan.

Dalam lampiran Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 17 Tahun 2009 tentang Pedoman Penentuan Daya Dukung Lingkungan Hidup dalam Penataan Ruang Wilayah, dijelaskan bahwa Penentuan daya dukung lingkungan hidup dilakukan dengan cara mengetahui kapasitas lingkungan alam dan sumber daya untuk mendukung kegiatan manusia yang menggunakan ruang bagi kelangsungan hidup. Besarnya kapasitas tersebut di suatu tempat dipengaruhi oleh keadaan dan karakteristik sumber daya yang ada di hamparan ruang yang bersangkutan. Kapasitas lingkungan hidup dan sumber daya akan menjadi faktor pembatas dalam penentuan pemanfaatan ruang yang sesuai. Penentuan daya dukung lingkungan hidup dilakukan berdasarkan 3 (tiga) pendekatan, yaitu (1) Kemampuan lahan untuk alokasi pemanfaatan ruang. (2) Perbandingan antara ketersediaan dan kebutuhan lahan. (3) Perbandingan antara ketersediaan dan kebutuhan air. Dalam penelitian ini yang menjadi fokus adalah pendekatan perbandingan antara ketersediaan dan kebutuhan air.

2.6. Analisis Ketersediaan Air

Ketersediaan air menurut Triatmodjo (2008) adalah jumlah air yang diperkirakan akan terus ada pada suatu lokasi sungai dengan jumlah dan jangka waktu tertentu. Air yang tersedia tersebut dapat dipergunakan untuk berbagai keperluan seperti air baku yang meliputi air domestik, non domestik, pertanian, peternakan, perikanan dan industri serta dapat dipergunakan sebagai pembangkit listrik tenaga air (PLTA). PLTA tidak mengkonsumsi air karena pada PLTA, air hanya dilewatkan untuk memutar turbin setelah itu air akan mengalir kembali ke sungai sehingga dapat digunakan untuk keperluan lainnya, sedangkan pada

pemanfaatan air untuk keperluan lainnya, air akan dikonsumsi sehingga mengurangi ketersediaan air.

Aspek ketersediaan air merupakan salah satu aspek yang harus diketahui sebelum melakukan analisis neraca air pada suatu daerah. Ketersediaan air berasal dari air hujan, air permukaan dan air tanah. Kejadian hujan pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) atau Wilayah Sungai (WS), sebagian dari air hujan tersebut akan menguap kembali dan sebagian akan mengalir menjadi aliran permukaan, melewati saluran drainase, sungai/danau serta sebagian lagi akan meresap ke dalam tanah menjadi imbuhan pada kandungan air tanah.

Sumber air permukaan merupakan sumber air yang memiliki potensi yang besar untuk dimanfaatkan, sumber air permukaan yang dimaksud adalah air yang ada di sungai, saluran dan danau/waduk. Penggunaan air tanah juga dapat membantu dalam pemenuhan air baku maupun air irigasi pada daerah yang sulit mendapatkan air permukaan, namun kendala yang dihadapi dalam pemanfaatan air tanah yaitu pada mahalnya biaya operasional pompa.

Menurut Triatmodjo (2008), dalam menganalisa ketersediaan air permukaan yang dijadikan acuan adalah debit andalan (*dependable flow*), debit andalan didefinisikan sebagai debit minimum sungai dengan besaran tertentu yang mempunyai kemungkinan terpenuhi yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Debit minimum sungai untuk keperluan irigasi, kemungkinan terpenuhi ditetapkan 80%, sedang untuk keperluan air baku biasanya ditetapkan 90%. Misal debit andalan 80% adalah 3 m³/d, artinya kemungkinan terjadinya debit sebesar 3 m³/d atau lebih adalah 80% dari waktu pencatatan data atau dengan kata lain 20% kejadian debit adalah kurang dari 3 m³/d.

2.7. Analisis Kebutuhan Air

Menurut Triatmodjo (2008), analisis kebutuhan air dipergunakan untuk memperkirakan kebutuhan air pada suatu daerah tertentu meliputi kebutuhan air domestik (rumah tangga) dan non domestik (fasilitas umum), industri, peternakan serta pertanian dan perikanan. Kebutuhan air domestik dan non domestik dihitung berdasarkan jumlah penduduk dan konsumsi pemakaian air per kapita per hari.

Kebutuhan akan air di berbagai tempat mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya populasi penduduk. Di perkotaan dengan tingkat pembangunan yang pesat serta dengan tingkat pertumbuhan penduduk yang tinggi menyebabkan kebutuhan akan air semakin meningkat, sehingga diperlukan suatu studi/kajian yang akan memberikan hasil seberapa besar tingkat kebutuhan air di suatu wilayah serta proyeksi kebutuhannya untuk beberapa tahun ke depan.

Triatmodjo (2008) juga menyetujui bahwa kebutuhan air domestik, non domestik dan pemeliharaan sungai diperkirakan dengan menggunakan dasar jumlah penduduk saat ini dan tahun yang diproyeksikan. Kebutuhan air domestik dan non domestik dihitung berdasarkan jumlah penduduk dan konsumsi air per kapita per hari. Kebutuhan air untuk industri berdasarkan jumlah karyawan. Kebutuhan air untuk perikanan dan peternakan dihitung berdasarkan jumlah ternak (sapi, kerbau, kuda, kambing, domba, babi, unggas) dan luas tambak/kolam ikan. Kebutuhan air untuk irigasi dipengaruhi oleh kebutuhan air konsumtif tanaman (Etc), penyiapan lahan (IR), penggantian lapis air (RW), perkolasi (P), hujan efektif (ER), efisiensi irigasi (IE), luas sawah (A) dan pemakaian air kembali (*reuse-factor*, RF).

2.8. Proyeksi Penduduk

Proyeksi penduduk dalam *Multilingual Demographic Dictionary* diartikan sebagai suatu perhitungan yang menunjukkan perkembangan penduduk di masa akan datang dengan menerapkan asumsi-asumsi yang berkaitan dengan kelahiran, kematian dan migrasi (IUSSP, 1982). Proyeksi penduduk merupakan langkah estimasi penduduk dengan metode yang lebih terperinci dengan memperhitungkan perkembangan kelahiran, kematian dan migrasi pada kurun waktu tertentu, sehingga menghasilkan perhitungan dengan tingkat kepercayaan tinggi (Tim Penulis Lembaga Demografi FEUI, 2010).

Perhitungan proyeksi penduduk ini dibuat untuk mengetahui jumlah penduduk di masa yang akan datang atau jumlah penduduk di masa lampau, hal ini dapat dijadikan sebagai penunjang dalam perencanaan pembangunan baik itu perencanaan yang dilakukan oleh pemerintah pusat maupun pemerintah daerah, dapat dikatakan bahwa proyeksi penduduk ini merupakan syarat minimum dalam

perencanaan pembangunan. Metode proyeksi penduduk menurut Trisnaningsih (2015) adalah dengan menggunakan rumus *balancing equation*, rumus geometri dan rumus ekponensial.

Metode *balancing equation* dapat dihitung berdasarkan empat komponen variabel demografi yaitu jumlah kelahiran, jumlah kematian, jumlah migrasi masuk dan jumlah migrasi keluar di suatu wilayah pada waktu yang sama, pada kenyataannya variabel-variabel tersebut sulit untuk diperoleh. Sehingga untuk mengatasi hal tersebut dapat digunakan metode geometri atau metode eksponensial (Trisnaningsih, 2015).

Proyeksi penduduk geometrik menurut Tim Penulis Lembaga Demografi FEUI (2010) mengasumsikan jumlah penduduk akan bertambah dengan dasar perhitungan bunga-berbunga (bunga majemuk), di mana angka pertumbuhan penduduk (*rate of growth*) dianggap sama dari tahun ke tahun. Sedangkan metode eksponensial merupakan metode perhitungan yang menggambarkan pertumbuhan penduduk yang terjadi secara terus menerus sepanjang tahun.

Metode yang tepat untuk menghitung pertumbuhan penduduk berdasarkan uraian di atas adalah metode eksponensial karena dua metode yang lain memiliki kekurangan. Jika menggunakan metode *balancing equation* dikhawatirkan akan menghadapi kesulitan di dalam pemenuhan variabel-variabel yang dipersyaratkan sedangkan jika menggunakan metode geometrik dianggap kurang sesuai sebab metode geometrik hanya mengasumsikan pertumbuhan penduduk terjadi pada satu saat selama kurun waktu tertentu. Namun untuk menghasilkan metode proyeksi yang dianggap paling tepat, peneliti perlu melakukan uji formulasi terhadap metode-metode tersebut sebelum memilih metode mana yang akan dipergunakan dalam menghitung proyeksi penduduk (Purba, n.d.).

2.9. Analisis Kuantitatif

Menurut Sugiyono (2009) metode penelitian kuantitatif adalah metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat *positivism*, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu, pengumpulan data menggunakan instrumen

penelitian, analisis data bersifat kuantitatif/*statistic*, dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan.

Lebih lanjut Sugiyono (2009) menjabarkan metode kuantitatif sering disebut dengan metode tradisional, *positivistic*, *scientific* dan metode *discovery*. Metode ini disebut sebagai metode tradisional karena telah digunakan cukup lama sehingga sudah merupakan sebuah tradisi sebagai metode penelitian. Metode ini sebagai metode *positivistic* karena metode ini mempunyai landasan pada filsafat positivism. Metode ini disebut sebagai metode ilmiah/*scientific* disebabkan karena metode ini telah memenuhi kaidah-kaidah ilmiah yaitu konkrit/empiris, obyektif, terukur, rasional dan sistematis. Metode kuantitatif disebut juga metode *discovery* karena dengan menggunakan metode ini dapat ditemukan dan dikembangkan berbagai pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi baru.

Menurut Yusuf (2014), terdapat beberapa ciri utama dari penelitian kuantitatif yaitu:

1. Penelitian kuantitatif dilakukan dengan mengutamakan rancangan yang terstruktur, formal dan spesifik serta mempunyai rancangan operasional yang mendetail. Setiap penelitian kuantitatif haruslah melangkah dengan persiapan operasional yang matang.
2. Data yang dikumpulkan bersifat kuantitatif atau dapat dikuantitatifkan dengan menghitung atau mengukur. Data yang dikumpul merupakan data kuantitatif, lebih banyak angka bukan kata-kata atau gambar.
3. Penelitian kuantitatif bersifat momentum atau menggunakan selang waktu tertentu atau waktu yang digunakan pendek; kecuali untuk maksud tertentu. Apabila melakukan eksperimen, maka waktu yang digunakan dapat diatur setepat mungkin.
4. Penelitian kuantitatif membutuhkan hipotesis atau pertanyaan yang perlu dijawab untuk membimbing arah dan pencapaian tujuan penelitian. Hipotesis merupakan kebenaran sementara yang perlu dibuktikan, untuk itu diperlukan seperangkat data yang dapat menunjang pembuktian tersebut melalui penyelidikan ilmiah.

5. Analisis data dilakukan dengan menggunakan statistik baik diferensial maupun inferensial. Pembuktiaan hipotesis dapat dilakukan secara manual atau dengan komputer.
6. Penelitian kuantitatif lebih berorientasi kepada produk daripada proses. Pengkajian proses tidaklah begitu dipentingkan, sebab yang ingin dilihat adalah bagaimana hubungan antara variabel yang satu dengan variabel yang lain.
7. Sampel yang digunakan luas, *random*, akurat dan representatif. Dalam penelitian kuantitatif, peneliti akan selalu berupaya untuk membuktikan hipotesis, untuk itu peneliti akan menggunakan analisis statistik yang dalam pelaksanaannya membutuhkan persyaratan tertentu, seperti jumlah sampel, homogenitas dan linearitas. Hal itu hanya dimungkinkan apabila sampel diambil dari populasi yang luas, *random*, akurat dan representatif.
8. Peneliti kuantitatif menganalisis data secara deduktif. Peneliti kuantitatif ingin membuktikan hipotesis yang telah disusun atau ingin digambarkan sesuatu secara umum, maka analisis data harus pula dilakukan secara deduktif, dari umum ke khusus, bukan sebaliknya.
9. Instrumen yang digunakan dalam mengumpulkan data hendaklah dapat dipercaya (*valid*), andal (*reliable*), mempunyai norma dan praktis. Penyusunan instrumen yang *valid* sangat diperlukan, untuk itu perlu diikuti langkah-langkah dalam penyusunan instrumen yang baik sehingga terdapat "*content validity*" atau "*predictive validity*". Instrumen ini hendaklah mudah dilaksanakan/diadministrasikan dan mempunyai norma tertentu dalam menentukan angka yang didapatkan.

Sugiyono (2009) mengemukakan dalam penelitian kuantitatif, proses pelaksanaan penelitiannya adalah sebagai berikut:

1. Rumusan masalah. Dalam penelitian kuantitatif masalah yang dibawa oleh peneliti harus sudah jelas. Pada umumnya rumusan masalah dinyatakan dalam kalimat pertanyaan.
2. Landasan teori. Teori dalam penelitian kuantitatif digunakan untuk menjawab rumusan masalah penelitian tersebut.

3. Perumusan hipotesis. Hipotesis merupakan jawaban sementara terhadap rumusan masalah penelitian, selanjutnya akan dibuktikan kebenarannya secara empiris/nyata.
4. Pengumpulan data. Pengumpulan data dilakukan pada populasi tertentu yang telah ditentukan oleh peneliti. Bila populasi terlalu luas, sedangkan peneliti memiliki keterbatasan waktu, dana dan tenaga, maka peneliti dapat menggunakan sampel yang diambil dari populasi tersebut. Jika peneliti bermaksud untuk membuat generalisasi, maka sampel yang diambil harus representatif, dengan teknik *random sampling*.
5. Analisis data. Dalam penelitian kuantitatif analisis data menggunakan statistik, berupa statistik deskriptif dan inferensial/induktif. Statistik inferensial dapat berupa statistik parametris dan non parametris. Statistik inferensial digunakan bila sampel yang diambil menggunakan *random sampling*.
6. Kesimpulan dan saran. Kesimpulan merupakan jawaban singkat terhadap setiap rumusan masalah berdasarkan data yang telah terkumpul. Sedangkan saran berdasarkan pada kesimpulan hasil penelitian.

2.10. Manajemen Sumber Daya Air

Pengelolaan sumber daya air menurut Araújo *et al.*, (2015) mencakup bermacam-macam informasi dari beberapa sumber serta dari beberapa bidang pengetahuan. Informasi tersebut mencakup informasi teknis, hukum dan kelembagaan yang memiliki aspek konseptual, ideologi serta aspek etika dan model administrasi baru. Cara berpikir berbeda dan fenomena baru yang muncul seperti krisis ekonomi, pemanasan global, perubahan iklim dan aktivitas antropogenik akan terus memberikan dampak pada lingkungan. *UN-Water* menegaskan bahwa pengelolaan sumber daya air mempengaruhi hampir semua aspek ekonomi, kesehatan, produksi pangan dan keamanan, energi dan industri serta kelestarian lingkungan, jika pengelolaan sumber daya air tidak dikelola secara tepat akan mengakibatkan target pengurangan kemiskinan dan pembangunan berkelanjutan di semua dimensi sosial, ekonomi dan lingkungan akan terancam.

Pengelolaan sumber daya air dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 42 Tahun 2008 didefinisikan sebagai upaya merencanakan, melaksanakan, memantau dan mengevaluasi penyelenggaraan konservasi sumber daya air, pendayagunaan sumber daya air dan pengendalian daya rusak air. Aspek pengelolaan sumber daya air terdiri dari aspek utama yaitu konservasi sumber daya air, pendayagunaan sumber daya air dan pengendalian daya rusak air, selanjutnya adalah aspek pendukung terdiri dari sistem informasi serta pemberdayaan dan peran masyarakat. Aspek pengelolaan sumber daya air ini masing-masing disusun berdasarkan kondisi wilayah masing-masing.

Global Water Partnership (GWP, 2001) seperti yang dikutip oleh Kodoatie & Sjarief (2010) menawarkan suatu kerangka konsep keterpaduan yang menarik untuk Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu. Menurut GWP (2001), elemen-elemen penting dalam pengelolaan Sumber Daya Air terpadu dapat dikelompokkan dalam 3 elemen utama yaitu:

- a. *The enabling environment* adalah kerangka umum dari kebijakan nasional, legislasi, regulasi, finansial dan informasi untuk pengelolaan Sumber Daya Air oleh *stakeholders*, berfungsi untuk merangkai dan membuat peraturan serta kebijakan, oleh karenanya dianggap sebagai *rules of the games*.
- b. Peran-peran institusi (*institutional roles*) merupakan fungsi dari berbagai tingkatan administrasi dan *stakeholders*. Perannya yaitu untuk mendefinisikan para pelaku.
- c. Alat-alat manajemen (*management instruments*) merupakan instrumen bersifat operasional untuk menghasilkan regulasi yang efektif, monitoring dan penegakan hukum, sehingga memungkinkan pengambil keputusan untuk membuat pilihan yang informatif di antara berbagai alternatif. Pilihan-pilihan tersebut harus berdasarkan kebijakan yang telah disetujui, sumber daya yang tersedia, dampak lingkungan serta konsekuensi sosial dan budaya.

Pengelolaan sumber daya air terpadu merupakan suatu pendekatan yang sistematis yang harus mempertimbangkan semua tujuan dan sasaran dari seluruh pemangku kepentingan (Geng & Yi, 2006). Tantangan pengelolaan atau manajemen air dewasa ini adalah perubahan iklim dibarengi tekanan lain pada

sumber daya air seperti peningkatan jumlah penduduk yang mengakibatkan perubahan gaya hidup sehingga meningkatkan kebutuhan air, perubahan penggunaan lahan serta pencemaran lingkungan (Kundzewicz *et al.*, 2008).

