

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan salah satu komponen yang paling penting bagi kehidupan manusia. Ini dapat terlihat dari komposisi biologis manusia, dimana tubuh manusia terdiri dari sekitar 70 % (tujuh puluh persen) air¹. Tanpa air, tidak akan ada kehidupan apapun di dunia ini. Air memberikan kehidupan bagi semua makhluk hidup, yaitu tumbuh-tumbuhan yang berkembang, dan juga hewan yang memakannya, dan terutama bagi manusia yang memanfaatkan semua keanekaragaman hayati, terutama air, untuk dapat hidup. Namun air yang dapat dimanfaatkan oleh manusia di Bumi hanya terdapat dalam jumlah yang sedikit.

Hanya 3 % (tiga persen) air di Bumi adalah air tawar (*fresh water*) yang dapat dimanfaatkan oleh manusia, dan sisanya adalah air asin yang ditemukan dalam laut. Dari 3 % air tawar yang ada, dua pertiganya adalah air beku yang terdapat di dalam gletser dan kutub-kutub Bumi. Maka hanya sepertiga dari 3 %, yaitu 1 % (satu persen) air yang ada di Bumi dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan yang ada dalam kehidupan manusia. Keperluan manusia mencakup antara lain keperluan untuk minum, penggunaan air domestik, dalam aktivitas pertanian, industri, rekreasi, dan juga aktivitas lingkungan. Oleh karena itu, air yang ada harus dimanfaatkan dengan sangat cermat.

Air tawar yang ada di bumi ditemukan di dalam air permukaan (*surface water*), air di bawah permukaan tanah (*sub-surface water*), air beku (*frozen water*), dan juga perolehan air tawar melalui proses desalinasi (*desalination*). Air tawar ini akan selalu mengalir dan juga akan berubah dari satu fase kepada fase yang lainnya melalui siklus air. Siklus air merupakan suatu sirkulasi air dalam Bumi yang digerakkan oleh sinar matahari melalui berbagai proses yaitu antara lain kondensasi, presipitasi, evaporasi, transpirasi, infiltrasi, runoff, dan pergerakan air dibawah tanah, secara terus menerus dari atmosfer yang jatuh ke bumi, lalu kembali lagi ke atmosfer.

¹ "Our Need for Water". Diakses 12 Desember 2007, dari McVitamins.
<http://www.mcvitamins.com/water.htm>

Pada proses presipitasi, hujan yang jatuh kepada suatu daerah menyebar pada empat arah; dapat terinfiltrasi dalam tanah melalui aliran air dibawah permukaan tanah, melakukan perkolasi secara vertikal ke dalam air tanah yang dalam, dapat melakukan evaporasi kembali dari berbagai permukaan dan transpirasi dari daun-daunan (evapotranspirasi), dan juga mengalir diatas permukaan daratan sebagai *runoff* permukaan (*surface runoff*). Karena volume total dari air hujan adalah sama dengan keempat komponen yang sudah disebutkan, maka hubungan ini dikenal sebagai 'Keseimbangan Air' atau 'Water Balance'. Ini merupakan salah satu konsep inti dari hidrologi.

Masalah keseimbangan air dipengaruhi oleh berbagai faktor. Salah satu faktor ini adalah tata guna lahan suatu daerah. Pada kondisi lingkungan yang alami, hujan yang terjadi pada daerah tersebut akan langsung dapat diserap oleh tanah melalui infiltrasi dan aliran air dibawah permukaan tanah (*interflow*), sehingga dapat langsung menjadi imbuhan (*recharge*) air tanah pada daerah tersebut. Tetapi setelah adanya manusia yang berhuni di dalam lingkungan tersebut, yang semula merupakan kondisi alam sekarang sudah dikembangkan menjadi daerah perkotaan yang diisi dengan berbagai pembangunan infrastruktur pendukung kehidupan manusia.

Pada saat penggunaan lahan suatu daerah aliran sungai (DAS) berubah dan dikembangkan menjadi suatu daerah perkotaan, maka volume *runoff* permukaan (*surface runoff*) akan meningkat, sebab yang dulunya adalah daerah hutan dan rerumputan yang dapat menyerap air dengan tingkat yang lebih tinggi, mulai dikembangkan oleh manusia dan ditutupi oleh area permukaan baru yang kedap air (*impermeable*), seperti permukaan dari beton, aspal, atap-atap bangunan, dan sebagainya. Oleh karena itu, maka hampir semua hujan yang terjadi akan langsung mengalirkan airnya menjadi aliran permukaan (*surface runoff*) dan lebih sedikit dari volume air hujan tersebut yang dapat terserap ke dalam tanah.

Masalah utama yang dapat terjadi jika air hujan tidak dikelola dengan baik pada suatu kawasan perkotaan adalah terjadinya genangan-genangan air yang tersebar pada permukaan lahan kawasan perkotaan tersebut. Dalam volume genangan air yang besar dengan laju alur genangan air yang cepat melintasi suatu daerah perkotaan, dikenal pada umumnya dengan istilah banjir. Kejadian banjir

yang terjadi pada suatu daerah perkotaan dapat mengakibatkan berbagai macam kerugian bagi masyarakat yang hidup pada daerah perkotaan tersebut, seperti terjadinya kerusakan pada properti, peningkatan dari jumlah angka kematian pada kota tersebut, terjadinya masalah-masalah kesehatan yang baru (bertumbuhnya penyakit-penyakit di dalam masyarakat), dan terjadinya kerugian ekonomi yang besar lainnya pada daerah perkotaan tersebut.

Untuk mengatasi masalah ini, maka air hujan harus dikelola dengan baik. Air hujan dapat menjadi suatu sumber daya yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan jumlah infiltrasi air tanah yang terjadi pada suatu daerah. Lebih banyak jumlah infiltrasi air tanah yang terjadi, maka dapat menjadi imbuhan (*recharge*) air tanah pada daerah tersebut, untuk lalu juga dapat dimanfaatkan oleh masyarakat yang hidup di sekitar daerah itu.

Untuk itu, diperlukan suatu metode perhitungan yang cermat untuk mengatasi masalah ini. Salah satu cara perhitungan yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan permodelan yang bernama "Water Balance Model" atau Model Neraca Air yang dikembangkan oleh Pemerintah Daerah di *British Columbia*, Kanada. Permodelan ini digunakan untuk memelihara dan melindungi kemampuan penyerapan air oleh tanah, tumbuh-tumbuhan dan pohon-pohonan yang ada pada suatu daerah, dan juga untuk mencegah agar air hujan dengan intensitas hujan rendah untuk menjadi runoff permukaan (*surface runoff*) yang terjadi pada daerah tersebut.

1.2 Tujuan Penulisan

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk menguji coba Model Neraca Air (*Water Balance Model*) yang diciptakan oleh Pemerintah Daerah *British Columbia*, Kanada, untuk disimulasikan pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Sugutamu, Depok-Bogor, Jawa Barat. Permodelan yang akan digunakan pada DAS ini hanya akan berupa suatu simulasi pengujian model saja dan bukan hasil pengujian yang sebenarnya. Model yang akan digunakan disini akan menghasilkan suatu bentuk rekayasa, dimana data yang digunakan berupa data sekunder yang diperoleh dari keadaan eksisting dan bukan data primer pada daerah uji tersebut, yaitu DAS Sugutamu, Depok-Bogor, Jawa Barat. Output yang

dihasilkan akan berupa suatu hasil rekayasa, dimana hasil yang diperoleh tersebut nantinya dapat digunakan sebagai salah satu bentuk pertimbangan desain untuk perkembangan sistem pengelolaan air hujan pada daerah tersebut pada masa yang akan datang.

Model Neraca Air (*Water Balance Model*) ini digunakan untuk mengurangi jumlah air limpasan (*runoff*) dan meningkatkan jumlah infiltrasi air hujan yang akan disimulasikan pada DAS tersebut. Jumlah infiltrasi yang lebih besar akan menjadi imbuhan (*recharge*) bagi air tanah DAS, dimana air tanah tersebut dapat dimanfaatkan kembali untuk digunakan dalam berbagai keperluan yang dapat mendukung kehidupan dari masyarakat yang hidup pada DAS tersebut.

1.3 Ruang Lingkup Pembahasan

Air hujan dapat dinilai merugikan bagi suatu lingkungan perkotaan dalam tingkat yang besar, tetapi juga dapat bernilai bermanfaat, jika dikelola dengan baik untuk peningkatan pemanfaatan air kembali oleh alam, untuk pada tujuan jangka panjang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat yang hidup pada daerah yang mengalami hujan tersebut. Menurut "*Stromwater Planning: A Guidebook for British Colombia*" dari Kanada, intensitas hujan dapat dikategorikan menjadi 3 (tiga) kategori besar, yaitu hujan kecil (*small storms*) yaitu < 30 mm, hujan besar (*large storms*) yaitu 30-60 mm, dan hujan ekstrim (*extreme storms*) yaitu > 60 mm. Di Indonesia, kategori hujan berdasarkan BMG (Badan Meteorologi dan Geofisika), membagi kelas hujan menjadi Sangat Ringan (< 5 mm), Ringan (5-20 mm), Sedang (21-50 mm), Lebat (51-100 mm), dan Sangat Lebat (> 100 mm).

Dalam tingkatan intensitas hujan apapun tersebut, harus dikelola dengan cermat supaya tidak dapat berakibat buruk dan mengakibatkan masalah bagi lingkungan daerah perkotaan tersebut. Oleh karena itu '*Water Balance Model*' yang dikembangkan oleh Pemerintah Daerah *British Colombia*, Kanada digunakan untuk mengimbangi volume air yang melimpas dari hujan (*rainfall runoff*) dan tingkat infiltrasi yang dapat ditingkatkan oleh penerapan teknologi BMP (*Best Management Practice*) dari Manajemen Air Hujan Perkotaan (*Urban Rainwater Management*).

Model Neraca Air (*Water Balance Model*) akan menganalisa kondisi daerah yang akan dikembangkan, dengan menggunakan data keadaan eksisting seperti menggunakan data kondisi tanah, tata guna lahan, dan kondisi permukaan tanah pada daerah yang akan ditinjau. Hasil dari analisa ini akan mengevaluasi tingkat volume hujan yang terjadi dan membandingkannya dengan tingkat *runoff* permukaan (*surface runoff*) dan volume infiltrasi yang terjadi pada daerah tinjauan tersebut. Tujuan utama dari penggunaan model ini adalah untuk meningkatkan jumlah infiltrasi air tanah dan memperkecil tingkat aliran (*runoff*) permukaan yang terjadi pada daerah yang ditinjau.

Tingkat infiltrasi air yang lebih tinggi akan bernilai bermanfaat bagi daerah yang mengaplikasi BMP (*Best Management Practice*) yang dipilih dengan analisa perhitungan dari 'Water Balance Model' tersebut. Permodelan ini digunakan pada berbagai lokasi yang berbeda dalam DAS Sugutamu yang ditinjau, untuk meningkatkan kapasitas infiltrasi daerah DAS tersebut, supaya dapat meningkatkan kualitas lingkungan perkotaannya, sebagai salah satu teknologi penerapan dari konsep 'Perancangan Infrastruktur Hijau', untuk mampu mendukung pelestarian lingkungan berkelanjutan pada daerah tersebut.

Peningkatan jumlah infiltrasi air tanah yang dapat terjadi pada suatu daerah perkotaan yang ditinjau merupakan inti dari suatu konsep Manajemen Air Hujan Perkotaan (*Urban Rainwater Management*), dimana secara garis besar adalah suatu bagian dari konsep Pengelolaan Hujan Berwawasan Lingkungan. Konsep ini terfokus kepada beberapa unsur untuk dapat melaksanakan analisis perhitungan dalam daerah perkotaan yang akan ditinjau tersebut. Unsur-unsur dari konsep ini terbagi atas LID dan BMP, dan Manajemen Air Hujan Perkotaan.

LID adalah singkatan dari '*Low Impact Development*' yang merupakan suatu konsep pendekatan perencanaan pengembangan lahan dan engineering desain yang mempunyai tujuan untuk menduplikasikan keadaan hidrologis yang asli dari suatu DAS yang sudah dihuni oleh manusia dan yang baru akan dikembangkan, dengan cara infiltrasi, menyaring, menyimpan, mengevaporasi, dan mempertahankan limpasan aliran permukaan (*surface runoff*) air dekat dengan sumbernya². Terdapat berbagai bentuk teknologi dari konsep LID yang dapat

² [Low Impact Development](http://www.wikipedia.com). Diakses 12 Desember 2007 dari Wikipedia www.wikipedia.com

diterapkan pada DAS yang akan dikembangkan untuk mengurangi jumlah limpasan air permukaan yang terjadi. Teknologi seperti ini disebut teknologi BMP (*Best Management Practice*). LID dan BMP dari LID adalah suatu bentuk solusi dalam aplikasi Manajemen Air Hujan Perkotaan untuk membuat suatu 'Perancangan Infrastruktur Hijau', yang merupakan suatu pendekatan dari Pengelolaan Hujan Berwawasan Lingkungan.

1.4 Metode Penulisan

Langkah-langkah yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data-data yang diperlukan, antara lain adalah:
 - a. Data Sekunder:
 - i. Data Studi Pustaka:
 1. Data Teori Hidrologi
 2. Data Teori Manajemen Air Hujan Perkotaan (*Urban Rainwater Management*)
 3. Data Teori Aplikasi Manajemen Air Hujan Perkotaan (*Urban Rainwater Management*) dengan Menggunakan 'Water Balance Model'
 - ii. Data Kondisi Eksisting pada Lokasi Penelitian:
 1. Data Kondisi Tanah
 2. Data Tata Guna Lahan
 3. Data Permukaan Tanah
 - a. Data Sekunder:
 - i. Data Studi Pustaka:
 1. Data Teori Hidrologi
 2. Data Teori Manajemen Air Hujan Perkotaan (*Urban Rainwater Management*)
 3. Data Teori Aplikasi Manajemen Air Hujan Perkotaan (*Urban Rainwater Management*) dengan Menggunakan 'Water Balance Model'
 - ii. Data Kondisi Eksisting pada Lokasi Penelitian:
 1. Data Kondisi Tanah
 2. Data Tata Guna Lahan
 3. Data Permukaan Tanah
2. Identifikasi kondisi eksisting daerah studi DAS Sugutamu, Depok-Bogor, Jawa Barat dengan daerah pembandingnya dalam daerah Kanada, untuk pembuatan DAS hasil rekayasa, dalam aplikasi program 'Water Balance Model'.
3. Mengaplikasi 'Water Balance Model' pada DAS hasil rekayasa untuk melihat tingkat infiltrasi yang dapat terjadi pada DAS tersebut.

4. Memilih *source controls* (kontrol sumber) dan/atau *surface enhancements* (perbaikan jenis permukaan) untuk dapat diaplikasikan kembali di dalam program, yang sesuai untuk diterapkan dalam DAS yang dibuat dalam program.
5. Evaluasi tingkat infiltrasi pada DAS yang dibuat dalam program, setelah aplikasi *source control* (kontrol sumber) dan/atau *surface enhancements* (perbaikan jenis permukaan), dari perhitungan 'Water Balance Model' yang diperoleh.
6. Menyusun kesimpulan dan pembuatan saran dalam perbaikan penggunaan program.

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini terdiri atas beberapa bagian, yaitu:

BAB 1. PENDAHULUAN

Menjelaskan mengenai Latar Belakang, Tujuan Penulisan, Ruang Lingkup Pembahasan, Metode Penulisan, dan Sistematika Penulisan yang tertera pada Skripsi ini.

BAB 2. APLIKASI 'WATER BALANCE MODEL' UNTUK MANAJEMEN AIR HUJAN PERKOTAAN (*URBAN RAINWATER MANAGEMENT*)

Menjelaskan mengenai Pengertian Dasar Air Hujan (*Rainwater*) dan Neraca Air (*Water Balance*) yang berisi Pengertian Umum Air Hujan (*Rainwater*), Neraca Air (*Water Balance*) dan Komponen dari Siklus Hidrologi yang Mempengaruhinya, Fenomena Siklus Hidrologi Perkotaan (*Urban Hydrologic Water Cycle*), dan Masalah-masalah yang Dapat Disebabkan oleh Hujan Setelah Pembangunan; selanjutnya pengertian mengenai Manajemen Air Hujan Perkotaan (*Urban Rainwater Management*) yang berisi Pengertian Umum *Urban Rainwater Management*, Tujuan *Urban Rainwater Management* dan Aplikasi di Indonesia, Konsep *LID (Low-Impact Development)* dalam *Urban Rainwater Management* (Pengelolaan Air Hujan Perkotaan), dan Teknologi Aplikasi *Best Management Practice (BMP)* dengan Konsep *LID (Low-Impact Development)* dalam *Urban Rainwater Management*

(Manajemen Air Hujan Perkotaan); dan juga Aplikasi *Rainwater Management* dengan Menggunakan 'Water Balance Model' yang berisi Latar Belakang 'Water Balance Model', Tujuan 'Water Balance Model', Tahapan Penggunaan 'Water Balance Model', dan Contoh Penggunaan 'Water Balance Model'.

BAB 3. METODE PENELITIAN

Menjelaskan mengenai proses yang dilakukan dalam melaksanakan penelitian untuk skripsi ini yang berisi mengenai tahapan pencarian data-data yang dibutuhkan yaitu data sekunder, dan aplikasi data pada 'Water Balance Model' berisi mengenai data-data yang diperlukan untuk aplikasi 'Water Balance Model', seperti deskripsi tipe tanah lokasi, deskripsi tata guna lahan, deskripsi kondisi permukaan, dan cara penggunaan 'Water Balance Model', dan yang terakhir adalah Memilih BMP (*Best Management Practice*) Yang Sesuai Untuk Dapat Diterapkan Pada Sub-DAS Sugutamu

BAB 4. GAMBARAN UMUM WILAYAH SUB-DAS SUGUTAMU, DEPOK-BOGOR, JAWA BARAT, INDONESIA

Menjelaskan mengenai Kondisi Umum Wilayah Sub-DAS Sugutamu, Aspek Geologi dalam Sub-DAS Sugutamu, Jenis Tanah dalam Sub-DAS Sugutamu, Topografi dalam Sub-DAS Sugutamu, Klimatologi dalam Sub-DAS Sugutamu, Hidrogeologi dalam Sub-DAS Sugutamu, Penggunaan Lahan dalam Sub-DAS Sugutamu, dan Kependudukan dalam Sub-DAS Sugutamu yang diperlukan dalam aplikasi 'Water Balance Model'.

BAB 5. APLIKASI PENGUJIAN 'WATER BALANCE MODEL'

Menjelaskan mengenai Perubahan 'Water Balance Model' Menjadi 'Water Balance Powered by QUALHYMO' yang berisi Komponen Fungsi dari 'Water Balance Model powered by QUALHYMO', Definisi Tipe-tipe Proyek yang dapat Dibuat dalam Program, Kemampuan Model 'Water Balance Model powered by QUALHYMO', Tahap Pelaksanaan dalam Menjalani 'Water Balance Model powered by QUALHYMO', Kategori Pengguna dalam 'Water Balance Model powered by QUALHYMO', dan

Perbedaan antara '*Water Balance Model powered by QUALHYMO*' dengan *QUALHYMO* itu Sendiri; berikut adalah Ilustrasi Penggunaan '*Water Balance Model powered by QUALHYMO*' yang berisi Menentukan *Sub-Catchment* Secara Umum Yang Akan dan Proses Memasukkan Data ke dalam Program '*Water Balance Model powered by QUALHYMO*'; dan Aplikasi Penggunaan '*Water Balance Model powered by QUALHYMO*' Pada Daerah Pengujian yang berisi Menentukan Daerah Pengujian Model dan Memasukkan Data dan Pembuatan Berbagai Skenario untuk Dibandingkan dalam Program '*Water Balance Model powered by QUALHYMO*' .

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi mengenai kesimpulan dalam proses penggunaan program '*Water Balance Model powered by QUALHYMO*' selama dilakukan dalam penyusunan skripsi ini, dan juga pemberian saran untuk perbaikan dari penggunaannya yang dapat menjadi pertimbangan bagi pengembang model dalam proses perkembangan dan perbaikan model untuk menyempurnakannya sebelum dapat ditawarkannya secara resmi kepada lingkungan publik (umum).