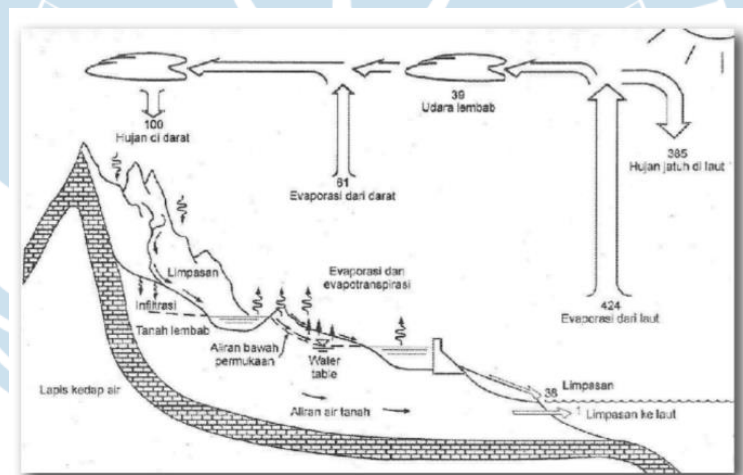


BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Siklus Hidrologi

Air merupakan sumber daya alam esensial, yang sangat dibutuhkan oleh manusia dan makhluk hidup lainnya. Dengan air, maka bumi menjadi planet dalam tata surya yang memiliki kehidupan (Kodoartie dan Syarief, 2010). Air bertransformasi melalui siklus hidrologi dimana proses ini berjalan secara terus menerus.



Gambar 3.1 Siklus Hidrologi (Chow, 1988)

Triatmodjo (2013) menjelaskan siklus hidrologi diawali dengan terjadinya penguapan air yang berada di permukaan tanah, laut dan lainnya. Penguapan bisa terjadi melalui 3 proses yaitu evaporasi, transpirasi dan evapotransporasi. Uap air dari lautan serta permukaan tanah yang menuju atmosfer akan berubah menjadi titik air disebut dengan proses evaporasi. Penguapan yang terjadi melalui daun tanaman disebut dengan transpirasi. Gabungan dari proses evaporasi dan transpirasi disebut

dengan evapotranspirasi.. Setelah air menguap, terjadi proses kondensasi dimana uap air berubah wujud menjadi awan. Kondensasi bermula dari partikel kecil yang terdiri dari debu dan garam. Partikel ini disebut dengan *aerosol*. Selama awal proses kondensasi, partikel es berbentuk sangat kecil dan letaknya akan tetap di atas dengan bantuan gerakan molekul udara. Setelah itu, tetesan air akan terbentuk dan sebagian akan jatuh melau atmosfer karena adanya medan listrik. Beberapa tetesan akan menguap di atmosfer, sebagian mengecil karena adanya penguapan, dan sebagiannya lagi bertambah besar karena tumbukan dan agregasi (Mays, 2010).

Ketika awan sudah tidak dapat menahan massa gabungan dari tetesan air maka proses presipitasi akan terjadi. Proses ini menunjukkan turunnya hujan melalaui titik-titik air ataupun salju. Hujan yang jatuh sebagian ditahan oleh tanaman dan sebagian lagi jatuh ke permukaan tanah. Pada permukaan tanah, air yang meresap ke dalam tanah disebut dengan proses infiltrasi. Tahap selanjutnya, air 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 pada hasil akhirnya keluar sebagai mata air. Air dapat mengalir ke sungai dan berujung ke laut, hingga pada akhirnya siklus hidrologi mengulang kembali (Triatmodjo, 2013).

3.2 Curah Hujan

Curah hujan adalah ketebalan air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir. Curah hujan 1 (satu) milimeter artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar,

tertampung air setinggi satu milimeter atau tertampung air sebanyak satu liter (Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air Kontruksi, 2018).

Menurut Wesli (2008), pengelompokan hujan setiap hari (24) jam yang memiliki besar tertentu selama bertahun-tahun memperlihatkan bahwa hujan-hujan kecil lebih sering terjadi daripada hujan-hujan besar. Peninjauan lebih lanjut mengenai hujan-hujan itu menunjukkan bahwa hujan-hujan yang besarnya tertentu mempunyai masa ulang rata-rata tertentu juga dalam jangka waktu yang cukup panjang. Pemilihan pos hujan yang datanya akan dipergunakan dalam analisis, perlu dilakukan dalam suatu DAS yang karakteristik lahannya bervariasi, curah hujannya berbeda dan jaringan pos hujannya belum merata,. Pemilihan pos hujan tersebut dapat dilakukan dengan analisis korelasi antarpos hujan, kemudian hasilnya dikorelasikan lagi dengan debit sungainya (Badan Standardisasi Nasional, 2015).

Curah hujan rerata di suatu DAS dalam suatu kurun waktu tertentu dapat ditentukan dengan tiga metode utama yang umum digunakan, yaitu :

1. Metode Aritmatik

Metode ini dipergunakan bila daerah pengamatan relatif dan titik-titik pengamatan tersebar merata di dalam dan sekitar daerah yang bersangkutan (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2010).

2. Metode Poligon Thiessen

Metode poligon thiessen banyak digunakan untuk menghitung hujan rata-rata kawasan. Apabila terdapat perubahan jaringan stasiun hujan seperti

pemindahan atau penambahan stasiun, maka harus dibuat lagi poligon yang baru. (Triatmodjo, 2013).

3. Metode Isohyet

Metode Isohyet merupakan cara paling teliti untuk menghitung kedalaman hujan rata-rata di suatu daerah. Pada metode ini, stasiun hujan berjumlah banyak serta tersebar secara merata. Metode Isohyet membutuhkan pekerjaan dan perhatian yang lebih banyak dibanding dua metode lainnya (Triatmodjo, 2013).

Penggunaan metode selain yang disebutkan di atas harus disetujui bersama oleh pihak yang bersangkutan. Pihak tersebut adalah pemilik bangunan, serta instansi yang berwenang dan bertanggung jawab terhadap pembinaan atas sungai (Badan Standardisasi Nasional, 2015).

3.3 Drainase

Drainase adalah prasarana yang berfungsi mengalirkan air permukaan ke badan air atau ke bangunan resapan buatan (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2010). Dalam bidang teknik sipil, drainase secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan/lahan, sehingga fungsi kawasan atau/lahan tidak terganggu (Suripin, 2004).

Drainase perkotaan berwawasan lingkungan adalah prasarana drainase di wilayah kota yang berfungsi mengelola/mengendalikan air permukaan (limpasan air hujan). Dampak dari drainase tersebut adalah tidak menimbulkan masalah genangan, banjir dan kekeringan bagi masyarakat sehingga bermanfaat bagi

kelestarian lingkungan hidup (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2012). Ada 2 pola yang dipakai dalam drainase berwawasan lingkungan yaitu :

1. Pola detensi (menampung air sementara), misalnya dengan membuat kolam penampung.
2. Pola retensi (meresapkan), antara lain dengan membuat sumur resapan, bidang resapan atau kolam resapan (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2010).

Dalam memudahkan penjelasan tentang drainase, maka selanjutnya jenis drainase dapat dikelompokkan menjadi 3 yaitu tata letak, konstruksi serta fungsinya. Berikut adalah drainase berdasarkan tata letaknya :

1. Drainase permukaan tanah

Drainase permukaan tanah adalah sistem drainase yang salurannya berada di atas permukaan tanah. Pengaliran air terjadi karena adanya beda tinggi permukaan saluran (*slope*).

2. Drainase bawah permukaan tanah

Drainase bawah permukaan tanah adalah sistem drainase yang dialirkan di bawah tanah (ditanam) biasanya karena sisi artistik atau pada suatu areal yang tidak memungkinkan untuk mengalirkan air di atas permukaan tanah seperti pada lapangan olah raga, lapangan terbang, taman dan lainnya.

Drainase berdasarkan konstruksinya dikelompokkan menjadi :

1. Drainase saluran terbuka

Drainase saluran terbuka adalah system saluran yang permukaan airnya terpengaruh dengan udara luar (atmosfir). Drainase saluran terbuka biasanya mempunyai luasan yang cukup dan digunakan untuk mengalirkan air hujan atau

air limbah yang tidak membahayakan kesehatan lingkungan dan mengganggu keindahan.

2. Drainase saluran tertutup

Drainase saluran tertutup adalah sistem saluran yang permukaan airnya tidak terpengaruh dengan udara luar (atmosfir). Saluran drainase saluran tertutup sering digunakan untuk mengalirkan air limbah atau air kotor yang mengganggu kesehatan lingkungan dan mengganggu keindahan. (Wesli, 2008).

Jenis drainase ditinjau berdasarkan dari fungsinya, dapat dikelompokkan menjadi :

1. Drainase *single purpose*

Drainase *single purpose* adalah saluran drainase yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan misalnya air hujan atau air limbah atau lainnya.

2. Drainase *multi purpose*

Drainase *multi purpose* adalah saluran drainase yang berfungsi mengalirkan lebih dari satu air buangan baik secara bercampur maupun bergantian misalnya campuran air hujan dan air limbah. (Wesli, 2008).

3.4 Polder

Polder didefinisikan sebagai suatu kawasan atau lahan reklamasi dengan kondisi awal berupa muka air tanah tinggi, yang diisolasi secara hidrologis dari daerah sekitarnya dan kondisi muka air (air permukaan dan air tanah) dapat dikendalikan. Kondisi lahanya sendiri dibiarkan pada elevasi asalnya atau sedikit ditinggikan (Suripin, 2004). Selain itu sistem polder adalah sistem penanganan drainase perkotaan dengan cara mengisolasi daerah yang dilayani dari pengaruh

limpasan air hujan / air laut dengan penanggulangan / prasarana lain (jalan, jalan kereta api), dan sistem drainasenya dengan pemompaan (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2010).

Ada tiga tujuan utama yang mendasari pembuatan desain dari sistem polder yaitu (Sawarendro, 2010) :

1. Menciptakan suatu kawasan rendah yang rawan banjir menjadi daerah yang relatif terkontrol dari banjir dan genangan, yang akan memberikan kenyamanan dalam menggunakan lahan sesuai peruntukannya;
2. Lebih menjamin keberlanjutan (*sustainability*) sistem pengelolaan tata air dengan peran yang lebih besar diberikan pada partisipasi masyarakat;
3. Menciptakan kondisi lingkungan yang lebih baik, terutama peningkatan kualitas air.

Berikut adalah tahap perencanaan sistem polder dengan pompa dan kolam di dalam badan saluran/sungai :

1. Mengidentifikasi daerah genangan dan parameter genangan yang meliputi luas genangan, tinggi genangan, lama genangan dan frekuensi genangan serta penyebab genangan.
2. Memastikan bahwa elevasi muka air pada saat banjir rencana di badan penerima lebih tinggi daripada permukaan air di hilir saluran.
3. Menghitung kapasitas saluran *existing* dibandingkan debit banjir rencana untuk menentukan penyebab genangan secara pasti.
4. Menentukan lokasi kolam retensi.

5. Merencanakan tanggul keliling sistem polder berdasarkan tinggi maksimum elevasi muka air sungai/badan air penerima.
6. Menentukan lokasi dan desain pintu outlet.
7. Menentukan lokasi bangunan rumah pompa.
8. Menghitung debit yang masuk ke dalam kolam tampung.
9. Menentukan sistem aliran saluran dan kapasitas pompa untuk menghitung volume kolam retensi yang dibutuhkan. (kombinasi volume kolam retensi dan kapasitas pompa harus dianalisa untuk menemukan kombinasi yang paling optimum).
10. Menentukan elevasi muka air saluran dan kolam tampung/ waduk yang terletak pada badan sungai/saluran.
11. Komponen bangunan pelengkap pada sistem polder yang kolam tampungnya terletak disamping badan saluran / sungai:
 - a. Rumah pompa
 - b. Pintu *outlet*
 - c. *Trash rack*/ saringan sampah
 - d. Kolam penangkap sedimen
 - e. Akses jalan masuk
 - f. Rumah jaga. (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2010)

3.5 Kolam Retensi

Kolam retensi adalah prasarana drainase yang berfungsi menampung serta meresapkan air hujan pada suatu wilayah (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2012). Konsep dasarnya adalah ketika debit maksimum di sungai datang, kolam retensi

akan menampung volume, lalu ketika debit di sungai sudah kembali normal secara perlahan-lahan air dialirkan kembali. Secara spesifik kolam retensi akan memangkas besarnya puncak banjir yang ada di sungai, sehingga potensi *over topping* yang mengakibatkan kegagalan tanggul dan luapan sungai tereduksi (Rizka Arbaningrum, 2018).

Menurut Direktorat Jenderal Cipta Karya (2010), ada tiga alternatif tipe kolam retensi yaitu :

1. Kolam retensi tipe di samping badan sungai

Tipe ini memiliki kelengkapan sistem seperti kolam retensi, pintu inlet, bangunan pelimpah samping, pintu *outlet*, jalan akses menuju kolam retensi, ambang rendah didepan pintu *outlet*, saringan sampah, dan kolam penangkap sedimen. Kesesuaian tipe kolam retensi ini dipakai apabila tersedia lahan yang cukup sehingga kapasitasnya bisa optimal, tidak mengganggu sistem aliran yang ada dan pelaksanaan serta pemeliharaan lebih mudah.

2. Kolam retensi tipe di dalam badan sungai

Tipe ini memiliki kelengkapan sistem seperti kolam retensi, tanggul keliling, pintu *outlet*, bendung, saringan sampah, dan kolam penangkap sedimen. Kesesuaian tipe kolam retensi ini dipakai apabila lahan sulit didapat sehingga kapasitasnya juga terbatas, mengganggu aliran yang ada di hulu dan pelaksanaan lebih sulit serta pemeliharaan lebih mahal.

3. Kolam retensi tipe *storage* memanjang

Tipe ini memiliki kelengkapan sistem seperti *storage* memanjang, stasiun pompa, tanggul keliling, pintu *outlet*, saringan sampah, dan kolam penangkap

sedimen. Kesesuaian tipe kolam retensi ini dipakai dengan mengoptimalkan saluran drainase yang ada karena lahan tidak tersedia sehingga kapasitasnya juga terbatas, mengganggu aliran yang ada dan pelaksanaan lebih sulit.

3.6 Pemeliharaan Kolam Retensi

Menurut Direktorat Jenderal Cipta Karya (2010), ada delapan langkah yang dapat dilakukan untuk melakukan pemeliharaan kolam retensi :

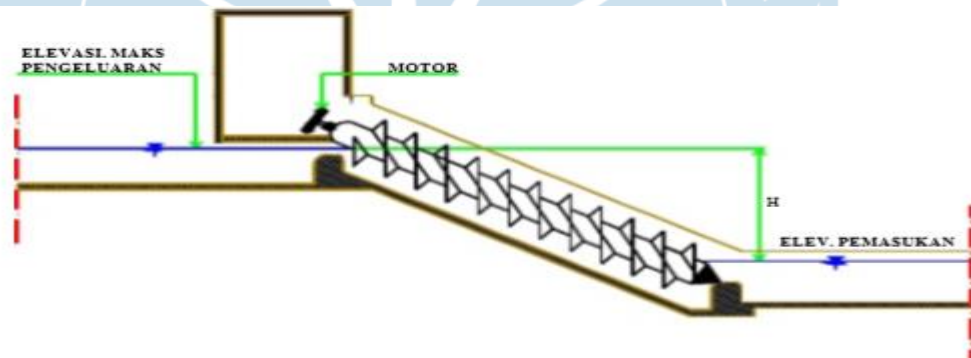
1. Sampah-sampah yang menyangkut di saringan sampah harus dibersihkan secara rutin.
2. Penyerobotan terhadap lahan dan bantaran kolam retensi dari pemukiman liar harus dicegah.
3. Mempertahankan fungsi daya tampung kolam retensi dengan melakukan pengerukan sedimentasi
4. Saringan sampah perlu dibersihkan, diangkat dan dicat secara berkala.
5. Saluran *inlet/outlet* perlu dibersihkan secara berkala.
6. Bangunan air yang mengalami kerusakan perlu diperbaiki secara rutin.
7. Pelapisan saluran sisi kanan dan kiri dengan pasangan batu kali, serta perbaikannya secara rutin.
8. Kolam retensi yang ditumbuhi oleh gulma seperti eceng gondok perlu dibersihkan. Pemanfaatan eceng gondok juga dapat diolah menjadi gas bio, tas, dan lainnya (jika diperlukan).

3.7 Sistem Pemompaan

Terdapat berbagai macam jenis pompa, tergantung pada kebutuhan pompa tersebut digunakan. Kebutuhan dan konstruksi pompa akan sangat menentukan penggunaan pompa. Hal ini dikarenakan keduanya akan berpengaruh pada karakteristik pompa (Tylor dan Edwards, 1996). Berikut ada tipe-tipe pompa yang digunakan untuk kolam retensi :

1. Pompa *archemidian screw*

Pompa *archemidian screw* pada Gambar 3.2 digunakan untuk kondisi elevasi muka air yang dipompa relatif aman tidak sesuai untuk elevasi muka air yang perubahannya relatif besar.



Gambar 3.2 Pompa *Archemedian Screw* (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2010)

Pompa ini tidak terganggu dengan adanya tumbuhan air dan sampah sehingga mampu beroperasi tanpa dijaga dalam jangka waktu yang lama.

2. Pompa *rotodynamic*

Pompa *rotodynamic* dipilih sesuai dengan keperluan perencanaan. Pompa ini terdiri atas :

a. Pompa *centrifugal* (aliran radial)

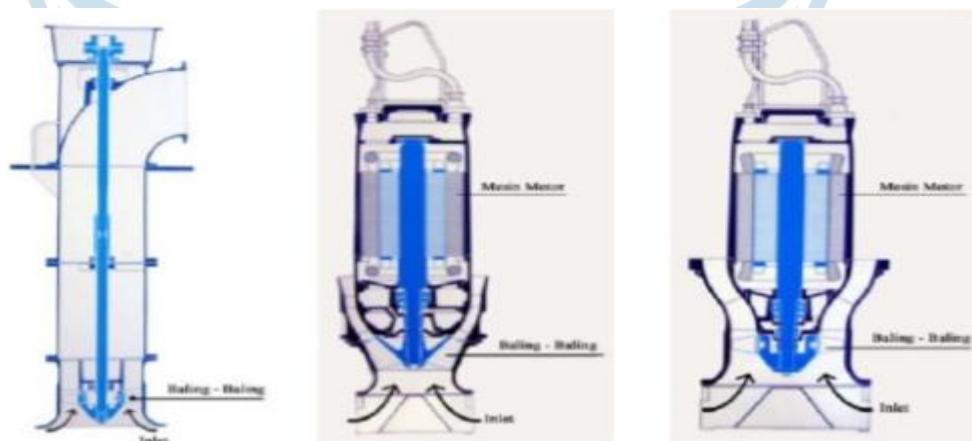
Dipergunakan untuk memompa air dengan ketinggian yang besar dan aliran sedang. Pompa dibagi menjadi 2 tipe yaitu, horizontal dan vertical (Gambar 3.3)



Gambar 3.3 Pompa *Centrifugal* (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2010)

b. Pompa *axial* (baling-baling)

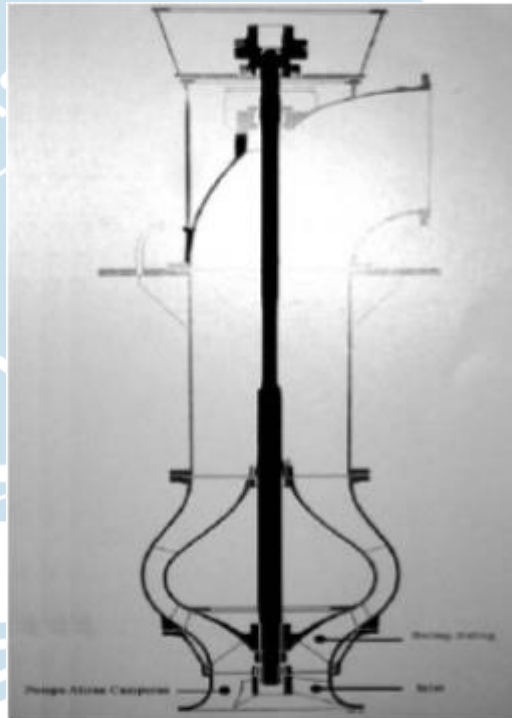
Pompa *axial* pada Gambar 3.4 dipergunakan untuk memompa air dengan ketinggian yang rendah sampai aliran yang besar.



Gambar 3.4 Pompa *Axial* (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2010)

c. Pompa aliran campuran

Pompa aliran campuran pada Gambar 3.5 digunakan dengan karakteristik tengah-tengah antara pompa *centrifugal* dengan pompa *axial*. (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2010)

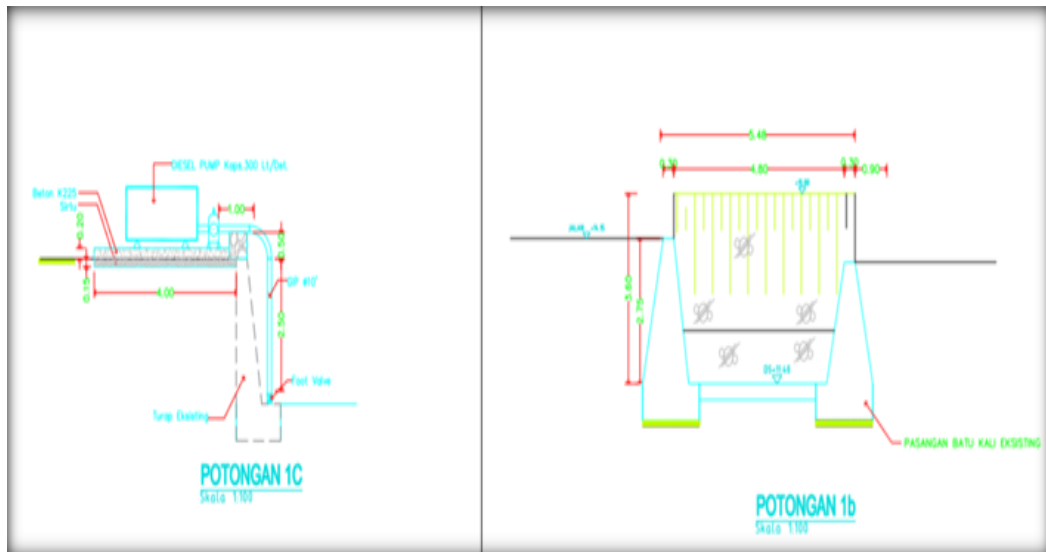


Gambar 3.5 Pompa Aliran Campuran (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2010)

3.8 Pemeliharaan Pompa

Menurut Direktorat Jenderal Cipta Karya (2010), ada lima langkah yang dapat dilakukan untuk melakukan pemeliharaan pompa :

1. Stasiun pompa sekalipun dibangun dengan konstruksi beton bertulang harus mampu dipelihara agar tidak terkesan anker dan kumuh. Dalam mencapai tujuan tersebut, petugas harus menjaga kebersihan lingkungan instalasi secara rutin.



Gambar 3.7 Potongan Pompa (PT Y, 2013)

3.10 Grey water

Grey water adalah air limbah yang didapat dari hasil air bekas mandi, mencuci pakaian, serta buangan cair dari dapur. Air ini mencapai sekitar 60% dari air limbah yang dihasilkan oleh rumah tangga dengan *WC* guyur. *Grey water* sangat mudah terkontaminasi kotoran manusia sehingga mengandung bakteri patogen. Selain itu, *grey water* seringkali mengandung material organik karena buangan yang berasal dari dapur. Material organik ini umumnya mudah mengurai secara alamiah (*easily biodegradable*) dan sering dibuang ke dalam *WC* atau drainase tersier. *Grey water* diharapkan dapat bisa langsung dihilangkan dengan mengalihkan ke pengolahan air limbah setempat maupun terpusat (Tim Teknis Pembangunan Sanitasi, 2010).

Filter *anaerobic* (bio filter) dan bidang resapan adalah beberapa contoh dari pengolahan air limbah setempat yang dapat dimanfaatkan untuk *grey water*. Filter *anaerobic* adalah tangka septik yang diisi dengan filter dari bahan alami berupa

kerikil, batok kelapa dan lainnya. Filter ini dapat diaplikasikan pada level rumah tangga atau skala kawasan pemukiman kecil yang memiliki pasokan air yang cukup. Bidang resapan adalah jaringan pipa berlubang yang diisi dengan beberapa lapisan seperti kerikil, pasir dan lainnya. Jika terdapat kemampuan resapan tanah yang bagus, maka air limbah dapat terbuang secara efektif (Tim Teknis Pembangunan Sanitasi, 2010).

Pada pengolahan air limbah terpusat terdapat saluran limbah bebas zat padat serta saluran limbah konvensional. Saluran limbah bebas zat padat merupakan jaringan perpipaan yang menyalurkan air limbah ke tempat pembuangan tertentu atau fasilitas pengolahan berikutnya. Saluran ini dapat diaplikasikan untuk daerah padat dimana air limbah yang keluar dari tangkai septik tidak dapat langsung dibuat karena berpotensi mencemari sumber air tanah warga. Saluran limbah konvensional adalah jaringan pipa bawah tanah yang besar dimana air limbah diangkut menggunakan gaya gravitasi ke fasilitas terpusat. Saluran ini memerlukan perawatan oleh tenaga ahli profesional (Tim Teknis Pembangunan Sanitasi, 2010).

3.11 Neraca Air

Menurut C. D. Soemarto (1999) konsep neraca air pada dasarnya menunjukkan keseimbangan antara jumlah air yang masuk ke, yang tersedia di, dan yang keluar dari sistem (sub sistem) tertentu. Secara kuantitatif, neraca air menggambarkan prinsip bahwa selama periode waktu tertentu masukan air total sama dengan keluaran air total ditambah dengan perubahan air cadangan (*change in storage*). Nilai perubahan air cadangan ini dapat bertanda positif atau negatif (Alfrida Irfani, 2012).

Komponen yang dapat masuk dalam *input* neraca air adalah hujan, konsumsi air pada daerah perumahan, perkantoran, pertokoan, perhotelan, sekolah, rumah sakit, peternakan dan tipe daerah lainnya (Badan Standardisasi Nasional, 2002). *Output* untuk neraca air dapat berupa hasil infiltrasi, evaporasi, sedimentasi, debit pompa dan komponen lainnya. Sesuai dengan batasan masalah yang ada, pada penelitian ini *input* yang akan digunakan berasal dari air hujan serta air limbah perumahan (*grey water*), lalu *output* berasal dari debit pompa.

Kegunaan mengetahui kondisi air pada surplus dan defisit dapat mengantisipasi bencana yang kemungkinan terjadi, serta dapat pula untuk mendayagunakan air sebaik-baiknya. Menurut Purnama et al (2012), manfaat secara umum yang dapat diperoleh dari analisis neraca air antara lain :

1. 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.
2. Sebagai dasar pembuatan saluran drainase dan teknik pengendalian banjir. Hal ini terjadi jika hasil analisis neraca air didapat banyak bulan-bulan yang surplus air.
3. Sebagai dasar pemanfaatan air alam untuk berbagai keperluan pertanian seperti sawah, perkebunan, dan perikanan.