# BAB II

# STUDI LITERATUR

## 2.1 Siklus Hidrologi

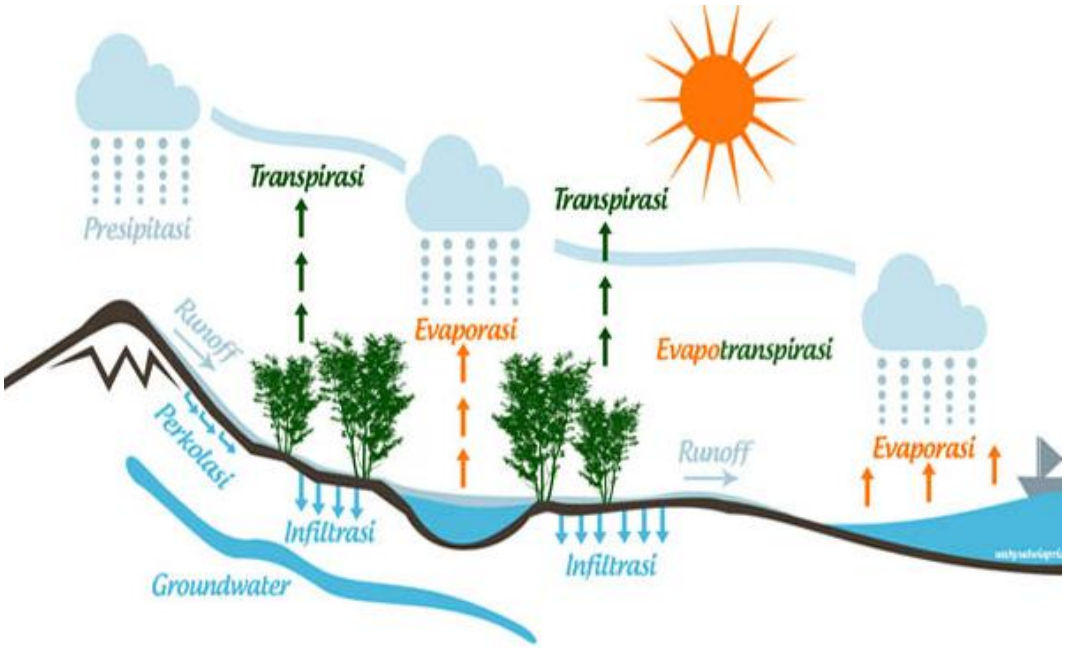
Air didunia ini sebagian besar berada di laut yaitu sebesar 97% dan air tawar hanya 3%. Air tawar yang relatif sedikit ini pun sebagian besar berada di kutub sebagai es dan galsier yaitu sebesar 75%, yang muncul disungai, danau dan air tanah adalah 25%, lebih lanjut dibagi atas air permukaan yang hanya 1,2% dan air tanah sebesar 98% (Goodman, 1984).

Dalam bukunya (Wiyono, Agung;, 2011, hal. 5 - 6) Ketersediaan air dalam pengertian sumberdaya air yaitu pada dasarnya terdiri dari atas tiga jenis yaitu air hujan, air permukaan, dan air tanah. Air hujan umumnya hanya berkontribusi untuk mengurangi kebutuhan air irigasi yaitu dalam bentuk hujan efektif, meskipun pada beberapa daerah air hujan yang ditampung baik jigamenjadi sumber air yang cukup berarti untuk kebutuhan rumah tangga.

Sumber air yang berpotensi besar untuk dimanfaatkan adalah sumber air permukaan dalam bentuk air di sungai, saluran, danau dan tampungan lainnya. Penggunaan air tanah yang kenyataannya sangat membantu pemenuhan kebutuhan air baku maupun irigasi pada daerah yang sulit mendapatkan air permukaan harus dijaga agar pengambilannya tetap berada di bawah debit aman (safe yield). (Wiyono, Agung;, 2011)

Dalam kajian hidrologi, siklus (daur) hirdrlogi merupakan pokok bahasan utama yang menjadi landasan bagi perkembangan kajian secara ilmiah. Perkiraan jumlah air di bumi dalam berbagai prosesnya dalam siklus hidrologi telah menjadi topik kejam bagi ilmuan sejak abad ke-19 yang lalu. Hidrologi sediri adalah ilmu yang mempelajari perdaran air di permukaan bumi, dibawah pemukaan bumi dan di

atmosfir, baik dalam bentuk uap air maupun bentuk cair. (Wiyono, Agung;, 2011) Peredaran air tersebut mengikuti suatu siklus hidrologi. Siklus hidrologi dimulai dengan pemanasan air yang berada dipermukaan bumi, kemudian menjadi uap air dan naik ke atas. Uap air yang naik keatas tersebut mengalami pendinginan dan membentuk awan. Awan bergerak oleh dorongan angn dan terhalang gunung, awan mendaki menjadi dingin mengkondensasi lalu jatuh menjadi hujan. Air hujan yang turun sebagian masuk ke dalam tanah dan kemudian keluar lagi melalui mata air. Sebagian lagi melimpas di permukaan bumi dan akhirnya terkumpul lagi di laut. Air permukaan ini kemudian menguap dan terjadi suatu proses yang sama dengan kejadian di atas membentuk siklus hidrologi. (Wiyono, Agung;, 2011)




**Gambar 2-1 Siklus Hidrologi**

*(Sumber : http://www.ebiologi.com, 2016)*

Adapun uraian dari gambar diatas menjelaskan masing-masing komponen sebagai berikut :

1. Penguapan adalah proses berubahnya fase air menjadi fase uap karena adanya radiasi matahari yang berdasarkan mekanisme kejadianya dibedakan atas:

- Evaporasi, yaitu penguapan langsung massa air akibat radiasi matahari pada permukaan air (laut, sungai, danau, dll). Tiupan angin juga dapat memperbesar penguapan.
- Transparasi, yaitu penguapan yang berlangsung akibat proses metabolisme tumbuhan yang disebut fotosintesa. Dengan demikian adanya tampungan air, kelembaban tanah, jenis tumbuhan, kecepatan angin dan tingginya radiasi matahari merupakan faktor penentu besarnya penguapan.

2. Kondensasi adalah proses pendinginan uap air sehingga mengalami sublimasi kembali menjadi butiran air, es ataupun salju. Proses ini terjadi akibat semakin rendahnya temperature di atmosfer pada jarak yang lebih jauh dari permukaan bumi. Di daerah tropis, proses kondensasi merubah uap air menjadi butiran air atau es yang lebih besar dan berat sehingga akhirnya jatuh sebagai hujan.
3. Angin merupakan pergerakan massa udara dari tempat bertekanan tinggi ke tempat bertekanan rendah. Angin dapat mempercepat terjadinya penguapan, mempengaruhi lokasi jatuhnya hujan.
4. Hujan *(Presipitasi)* merupakan proses jatuhnya hasil kondensasi uap air berupa massa air, es, ataupun salju dari atmosfer ke daratan ataupun ke laut. Besarnya kelembaban dan rendahnya temperature atmosfer merupakan faktor utama penentu besarnya curah hujan.
5. Rembesan *(Infiltrasi)* adalah proses meresapnya air ke dalam tanah karena tanah yang bersangkutan permeable/poros dan kelembabannya belum jenuh. Dengan demikian karakteristik lapisan tanah sangat mempengaruhi besarnya rembesan.
6. Perkolasi adalah mengalirnya air melalui media tanah yang poros. Akibat perkolasi akan terjadi aliran air dalam tanah menuju permukaan, sungai, danau, ataupun laut yeng letaknya lebih rendah. Dengan demikian karakteristik lapisan tanah sangat juga mempengaruhi besarnya perkolasi.
7. Aliran permukaan *(run off)* adalah aliran air diatas permukaan tanah menuju tempat yang lebih rendah baik melalui dataran maupun alur sungai. Aliran permukaan dapat terjadi pada saat hujan turun di permukaan sebuah dataran

yang mempunyai daya serap air rendah. Aliran ini juga dapat terjadi disebuah sungai ataupun alur dreinase alami lainnya baik pada saat hujan mauun tidak hujan. Aliran permukaan yang terjadi di sungai pada saat tidak hujan disebut *base flow*. *Base flow* terjadi karena adanya kiriman aliran air dari daerah tampungan (danau dan air tanah).

8. Tampungan (retensi) adalah air hujan yang tertahan di daratan baik pada sebuah cekungan maupun air tanah.
9. Intersepsi adalah proses jatuhnya air yang tertahan tumbuhan sebelum menyentuh permukaan bumi.

## 2.2 Hujan

Hujan adalah uap air yang sudah mengalami kondensasi, kemudian jatuh ke bumi berbentuk air. Hujan merupakan suatu peristiwa siklus hidrologi yang terjadi tidak merata di semua tempat, ada tempat yang mempunyai curah hujan yang tinggi dan ada tempat yang mempunyai curah hujan yang rendah. Tinggi rendahnya curah hujan tersebut disebabkan oleh letak suatu daerah dan iklim setempat, serta kebasahan udara (uap). Pada umumnya di lereng gunung curah hujan lebih besar dibandingkan di daratan (Soetedjo, 1970).

Terjadinya hujan disebabkan penguapan air, terutama air dari permukaan laut yang naik ke atmosfer, mendingin dan kemudian menyuling dan jatuh sebagian di atas laut dan sebagian ai atas daratan, sebagian meresap ke dalam tanah (infiltrasi), sebagian di tahan tumbuh-tumbuhan (intersepsi), sebagian menguap kembali (evaporasi) dan sebagian menjadi lembab. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian menguap melalui pori-pori di dalam tanah (evapotranspirasi) dan demikian pula air yang ditahan tumbuh-tumbuhan sebagian menguap(transpirasi), Air hujan yang menguap, yang meresap ke dalam tanah, yang ditahan tumbuh-tumbuhan dan transpirasi tidak ikut menjadi aliran air di dalam sungai dan disebut air hilang.

Menurut Sosrodarsono (1985), hujan yang terbanyak adalah di daerah khatulistiwa antara 50 sampai dengan 100 sebelah utara dan selatan equator.

## 2.3 Air

Air adalah senyawa yang penting bagi semua bentuk kehidupan yang diketahui sampai saat ini di Bumi, *(https://id.wikipedia.org/wiki/Air)*, air menjadi salah satu aspek vital dalam kehidupan manusia, kebutuhan akan air sangatlah penting. Tidak hanya untuk minum, namun air berperan sangat vital dalam aspek yang lainnya seperti untuk konsumsi pertanian, perikanan, kontruksi, dan lain-lain, Namun terkait dengan pesatnya peningkatan populasi manusia di bumi, tentunya berpengaruh besar akan kebutuhan air dan hanya masah beberapa waktu hingga suatu saat ketersediaan air akan menjadi sangat langka, tentunya kebutuhan air akan tidak terpenuhi lagi.

## 2.4 Kekayaan Air Pada Bumi

Dalam bukunya (wilson, E.M;, 1993, hal. 3) menjelaskan bahwa dari 0,6 persen jumlah air yang tersedia sebagai air tawar, separuhnya ada di kedalaman 800m. Sehingga boleh dikata tidak tersedia dipermukaan. Ini berarti, bahwa cadangan air tawar di bumi yang dengan salah satu cara dapat diperoleh untuk digunakan manusia ada sebanyak kira-kira $4x10^6$ $km^3$ dan terutama terdapat dalam tanah. Dihamparkan dipermukaan bumi, itu berarti tebalnya sekitar 30 m.

Adapun taksiran kekayaan air pada bumi dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

**Tabel 2-1 Taksiran Kekayaan Air Pada Bumi**

| Tempat | Volume ($10^3$ $km^3$) | Persentase Jumlah Air |
|---|---|---|
| Danau air tawar | 125 | 0,62 |
| Sungai | 1,2 | 0,008 |
| Kelenggasan tanah | 65 | 0,001 |
| air tanah | 8250 | 2,1 |
| danau air asin dan laut pedalaman | 105 | 97,25 |
| Atmosfer | 13 | |
| tudung es kutub, gletser dan salju | 29200 | |
| Lautan | 1320000 | |
| **Jumlah** | **1360000** | **100,0** |
| | **atau 1,36 x $10^{18}$ $m^3$** | |

*(Sumber : wilson, E.M;, 1993)*

## 2.5 Kebutuhan Air

Air merupakan kebutuhan pokok manusia dalam menunjang seluruh aktivitas kehidupannya. Dimana air yang dibutuhkan manusia harus cukup untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari khususnya kebutuhan untuk minum. Dalam lingkungan rumah tangga peranan air mencakup tiga hal, yaitu konsumsi air minum untuk kelangsungan hidup secara fisik, higienis, dan kenyamanan. (Suhandri, 1996:19).

### 2.5.1 Kebutuhan Air Baku

Kebutuhan air perkapita/perorang dapat dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya yaitu dipengaruhi oleh aktivitas fisik, kebiasaan serta tingkat kesejahteraan masyarakatnya, oleh karena itu dalam memperkirakan berapa besarnya kebutuhan air domestik perlu dibedakan antara kebutuhan air untk penduduk desa atau pedesaan dan kebutuhan air domestik perkotaan.

Adanya perbedaan kebutuhan air antara pedesaan dan perkotaan yaitu dilakukan pertimbangan bahwa penduduk perkotaan lebih cenderung menggunakan air lebih banyak dibandingkan dengan penduduk pedesaan hal ini ditunjau dari faktor aktifitas dan tingkat kesejahteraan masyarakatnya, adapun besarnya kebutuhan air berdasarkan wilayah dan jumlah penduduk per hari berdasarkan standar direktorat jendral cipta karya dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

**Tabel 2-2 Jumlah Kebutuhan Air Baku Setiap Orang**

| No | Jumlah Penduduk | Jenis Kota | Kebutuhan Air(Liter/Hari) | Mutu Air |
|---|---|---|---|---|
| **1** | < 2.000.000 | Metropolitan | > 210 | Kelas Satu |
| **2** | 1.000.000 - 2.000.000 | Metropolitan | 150 - 210 | |
| **3** | 500.000 - 1.000.000 | Besar | 120 - 150 | |
| **4** | 100.000 - 500.000 | Besar | 100 - 120 | |
| **5** | 20.000 - 100.000 | Sedang | 90 - 100 | |
| **6** | 3.000 - 20.000 | Kecil | 60 - 90 | |

*(Sumber : Pedoman Kontruksi dan Bangunan, Dep.PU)*

**Tabel 2-3 Besarnya Kebutuhan Air Perkotaan Menurut Jumlah Penduduk**

| Kriteria (Jumlah Penduduk) | Kebutuhan Air Perkotaan (Persentase dari Kebutuhan Air Perkotaan) |
|---|---|
| > 500.000 | 40 |
| 100.000 - 500.000 | 30 |
| < 100.000 | 25 |

*(Sumber : Departmen pemukiman dan prasarana wilayah, 2003 )*

**Tabel 2-4 Besarnya Kebutuhan Air Perkotaan Menurut Jumlah Penduduk**

| Kriteria (Kepadatan Penduduk) | Kebutuhan Air Perkotaan (Persentase dari Kebutuhan Air Rumah Tangga) |
|---|---|
| > 500.000 | 25 -35 |
| 100.000 - 500.000 | 20 - 30 |
| < 100.000 | 15 - 35 |

*(Sumber : Departmen pemukiman dan prasarana wilayah, 2003 )*

### 2.5.2 Kebutuhan Air Untuk Proses Industri

Dalam (Gunawan, Randi;, 2006) Kebutuhan air industri adalah kebutuhan air untuk proses industri termasuk bahan baku, kebutuhan air pekerja, industri dan pendukung kegiatan industri. Namun, besar kebutuhan air industri ditentukan oleh kebutuhan air untuk proses dan bahan baku industri serta kebutuhan air untuk pekerja industri (*Departmen pemukiman dan prasarana wilayah, 2003,*

Adapun klasifikasi kebutuhan air untuk proses industri dapat dilihat dibawah ini :

**Tabel 2-5 Kebutuhan Air Untuk Proses Industri**

| Jenis Industri | Jenis Proses Industri | Kebutuhan Air (liter/hari) | Mutu Air |
|---|---|---|---|
| Industri Rumah Tangga | Belum ada rekomendasi, Dapat disesuaikan dengan kebutuhan air rumah tangga | | |
| Industri Kecil | | | |
| Industri Sedang | Minuman Ringan | 1.600 - 11.200.000 | |
| | Industri Es | 18.000 - 67.000 | |
| | Kecap | 12.000 - 97.000 | |
| Industri Berat | Minuman Ringan | 65.000 - 78.000 | |
| | Industri | | |

| Jenis Industri | Jenis Proses Industri | Kebutuhan Air (liter/hari) | Mutu Air |
|---|---|---|---|
| | Pembekuan ikan dan iota Perairan lainnya | 225.000 - 1.350.000 | |
| Industri Tekstil | Proses Pengelolaan Tekstik | 400 - 700 l/kapita/hari | |

*(Sumber : Departmen pemukiman dan prasarana wilayah, 2003)*

### 2.5.3 Presentase Kebutuhan Air Sesuai Aktifitas

Presentase kebutuhan air sesuai aktifitas kebutuhan dalam rumah tangga yaitu air yang dibutuhkan berdasarkan dengan aktivitas dalam rumah tangga, adapun lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

**Tabel 2-6 Daftar Presentase Aktivitas Kebutuhan Air Rumah Tangga**

| No | Jenis Kegiatan | Presentase air yang digunakan (%) |
|---|---|---|
| 1 | Gelontor toilet | 41 |
| 2 | Mandi dan mencuci | 37 |
| 3 | Pemanfaatan di dapur | 6 |
| 4 | Air minum | 5 |
| 5 | Mencuci pakaian | 4 |
| 6 | Kebersihan rumah | 3 |
| 7 | Meniram tanaman atau kebun | 3 |
| 8 | Mencuci perabot keluarga | 1 |

*(Sumber: Fair et al.1971)*

## 2.6 Pemanfaatan air

Air yang tersedia dipermukaan bumi ini selah-olah dapat diperoleh dengan Cuma-Cuma. Padahal pada saat air sulit didapat, maka nilai air itu akan naik dan harus dibayar dengan harga mahal. Oleh karenanya air yang ada harus dikelola dengan baik, sehinggga air dapat dipergunaan secara optimal.

Pada saat ini pada umumnya penggunaan air tidak mempertimbangkan kebutuhan air nyata, melainkan menyediakan sejumlah air yang diminta pengguna air dengan asumsi mereka akan menggunakan air tersebut secara efesin. Pengalaman menunjukan bahwa sistem irigasi maupun sistem air minum hanya berorientasi pada pasok (*supply oriented)* air saja yang banyak memboroskan air.

Untuk itu perlu pemikiran lebih lanjut bagaimana penggunaan air agar lebih effisien, salah satu cara dilakukan pendekatan orientasi kebutuhan *(demand oriented)* yang memperhatikan kebutuhan nyata akan air yang dapat diukur dari kerelaan pemakaian air untuk membayar

Dalam bukunya (Wiyono, Agung;, 2011, hal. 10) menyebutkan ada beberapa sebab para pengelola air pada setiap tingkat nasional, provinsi dan tempat harus mengendalikan kebutuhan air diantaranya :

1. Pengguna air selalu meningkat, sedangkan sumber daya air terbatas
2. Sumber daya air mudah rusak (deteriorasi) atau tercemar baik secara kuantitas maupun kualitas.
3. Biaya untuk pengembangan sumber daya air selalu meningkat, sebab sumber daya termurah masihdikembangkan dan masih belum tercukupi.
4. Keterbatasan dana menjadi kendala investasi
5. Kekurangan air telah terjadi diseluruh dunia, dan
6. Terbatasnya pengembangan sumber daya air yang tidak mempengaruhi lingkungan *(limited carrying capacity).*

## 2.7 Faktor yang Mempengaruhi Penggunaan Air

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi penggunaan air menurut (K.Linseley, Ray; B.Franzini, Joseph; Sasongko, Djoko;, 1996, hal. 92) diantaranya adalah:

### 2.7.1 Iklim

Kebutuhan air untuk mandi, menyiram tanaman, pengaturan udara dan sebagainya akan lebih besar pada iklim yang hangat dan kering daripada iklim yang lembab. Pada iklim yang sangat dingin, air mungkin diboroskan dikeran-keran untuk mencapai bekunya pipa-pipa.

### 2.7.2 Ciri-ciri Penduduk

Pemakaian air dipengaruhi oleh setatus ekonomi daripada langganan. Pemakaian perkapita di daerah-daerah miskin jauh lebih rendah daripada di daerah-daerah kaya. Di daerah-daerah tanpa pembuangan limbah, konsumsi dapat sangat rendah hingga hanya sebesar 40 liter/kapita per hari.

### 2.7.3 Masalah Lingkungan Hidup

Meningkatnya perhatian masyarakat terhadap berlebihannya pemakaian sumber-sumber daya telah menyebabkan berkembangnya alat-alat yang dapat digunakan untuk mengurangi jumlah pemakaian air di daerah pemukiman.

## 2.8 Dampak Pengambilan Air Tanah

Keberadaan air tanah sangat erat hubungannya dengan air permukaan. Berdasarkan hukum darcy dijelaskan jika tinggi muka air tanah mengalamai penurunan yang berkelanjutan, akibat dari eksploitasi air tanah yang berlebihan maka kemungkinan terjadinya rembesan air sungai ke akuifer sangat kecil, jika aliran sungai cukup besar, maka rembesan tersebut tidak terlalu berpengaruh terhadap debit sungai, namun jika akuifer terbentuk dari tanah yang memiliki permeabilitas besar dan pencemaran yang terjadi di sungai cukup tingg, maka akan berpengaruh terhadap adanya pencemaran air tanah (Danaryanto dk.,2008a;Asda, 2001).

Pengambilan air tanah secara berlebihan mengakibatkan menurunnya permukaan air tanah (*land subsidence).* Penurunan permukaan air tanah akan mengakibatkan pengurangan gaya angkat tanah sehingga terjadi peningkatan tegangan efektif tanah. Akibat meningkatnya tegangan efektif tanah ini akan menyebabkan penyusutan butiran tanah sehingga terjadi penurunan tanah. (Terzhagi, 1996).

## 2.9 Kerisisnya Pengelolaan Sumber Daya Air

Dalam bukunya (Kodoatie, Robert J; Sjarief, Roestam;, 2010, hal. 25) karena pertumbuhan penduduk maka kebutuhan pokok maupun sekunder akan meningkat. Dalam tata ruang, aktifitas dalam rangka pemenuhan kebutuhan tersebut akan juga meningkat baik dalam dimensi-dimensi ekonomi, sosial dan lingkungan. Akibatnya terjadi eksploitasi alam yang berlebihan, perubahan tata guna lahan yang tidak terkendali dan menurunnya daya dukung lingkungan. *Multi-player effect* dari aktifitas tersebut pada hakekatnya menimbulkan kecenderungan peningkatan bencana baik dari segi kuantitas maupun kualitas.

Sudah banyak disebutkan oleh para pakar bahwa ada paradoks antara penduduk dan air yaitu pertumbuhan penduduk yang meningkat mengakibatkan penggunaan

ketersediaan air sekaligus meningkatkan potensi banjir. Banjir di jakarta dan sekitarnya serta daerah daerah lainya di indonesia mencerminkan paradoks tersebut. Konflik kepentingan dan kebutuhan antara *man versus water* konflik rungan terbangun *versus* ruang terbuka hijau, konflik tata ruang bangun *versus* tata ruang air. Peningkatan ruang terbangun menyebabkan pengurangan ruang terbuka hijau yang besar terutama di daerah – daerah perkotaan. Banyak ruang terbuka hijau, situ-situ daerah resapan dan tempat tinggal air telah hilang. (Kodoatie, Robert J; Sjarief, Roestam;, 2010)

## 2.10 Perubahan Fungsi Lahan

Di daerah imbuhan (*recharge area)* karena perkembangan penduduk dan pertumbuhan ekonomi terjadi alih fungsi lahan menjadi lahan pemukiman, industri dll., hal yang menyebabkan penurunan resapan air. Selain karena peningkatan kebutuhan air juga menyebabkan penurunan ketersediaan air tanah. Lahan yang semula berupa daerah konservasi, kawasan lindung, daerah resapan air, hutan lindung, daerah penyangga kemudian berubah menjadi daerah-daerah kedap air yang berupa pemukiman, perlindustrian, perdagangan mengakibatkan dua dampak yang bersamaan.

1. Dampak peningkatan kuantitas dan kualitas kebutuhan air
2. Penururnan kuantitas dan kualitas ketersediaan air

Dengan kata lain kedua dampak dalam aspek pengolahan sumberdaya air berkaitan erat dengan aspek konversi sumber daya air dan aspek pendayagunaan sumber daya air. (Kodoatie, Robert J; Sjarief, Roestam;, 2010, hal. 38)

Adapun gambar ilustrasi perubahan fungsi lahan akibat adanya pembangunan sarana perumahan pada kawasan perumahan G-Land dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 2-2 Perubahan Tataguna Lahan**

*(Sumber : Dokumentasi Pribadi)*

## 2.11 Curah Hujan Rencana

Lingkup kegiatan ini dilaksanakan untuk mengetahui besarnya intensitas curah hujan maksimum dalam periode ulang tertentu yang nanti akan dipergunakan untuk perhitungan debit banjir rencana.

## 2.12 Pengukuran Dispresi

Setelah mendapatkan hujan rata-rata dari beberapa stasiun yang berpengaruh di daerah aliran sungai, selanjutnya dianalisis secara statis untuk mendapatkan pola sebaran yang sesuai dengan sebaran curah hujan rata-rata yang ada. Pada kenyataannya bahwa tidak semua varian dari suatu variabel hidrologi terletak atau sama dengan nilai rata-rata, dispersi adalah besarnya derajat atau besaran varian di sekitar nilai rata-ratanya. Cara mengukur besarnya dispersi disebut pengukuran dispersi (Soewarno, 1995).

Adapun cara pengukuran dispersi antara lain :

### a. Perhitungan Rata-Rata ( $\bar{X}$ )

Rumus:

$$\bar{X} = \frac{\sum_i^n X_i}{n} \quad \text{..... (2-1)}$$

Dimana :

$\bar{X}$ = curah hujan rata – rata (mm)

$X_i$ = curah hujan di stasiun hujan ke i (mm)

n = jumlah data

**b. Standar deviasi (S)**

Ukuran sebaran yang paling banyak digunakan adalah deviasi standar. Apabila penyebaran sangat besar terhadap nilai rata-rata maka nilai Sx akan besar, akan tetapi apabila penyebaran data sangat kecil terhadap nilai rata-rata maka nilai Sx akan kecil. Jika di rumuskan dalam persamaannya adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995)

Rumus:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad \text{..... (2-2)}$$

Dimana :

SD = Standar deviasi

$\bar{X}$ = Curah hujan rata-rata (mm)

$X_i$ = Curah hujan di stasiun hujan ke i (mm)

n = Jumlah data

## 2.13 Analisis Frekuensi Curah Hujan Rencana

Analisis frekuensi curah hujan adalah untuk memperoleh curah hujan dengan kala ulang beberapa tahun. Pada analisis ini digunakan beberapa metoda untuk memperkirakan curah hujan dengan periode ulang tertentu, yaitu:

1. Metoda Distribusi Normal
2. Metoda Distribusi Log Normal 2 Parameter
3. Metoda Distribusi Log Normal 3 Parameter

4. Metoda Distribusi Pearson Type III
5. Metoda Distribusi Log Pearson Type
6. Metoda Distribusi Gumbel.

Metoda yang dipakai nantinya harus ditentukan dengan melihat karakteristik distribusi hujan daerah setempat. kala ulang yang akan dihitung pada masing-masing metode adalah untuk kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun. Uraian masing-masing dari metoda yang dipakai adalah sebagai berikut :

### 2.13.1 Distribusi Normal

Distribusi normal atau kurva normal disebut pula distribusi Gauss. Untuk analisa frekuensi curah hujan menggunakan metode distribusi Normal, dengan persamaan sebagai berikut:

$$X_{Tr} = \overline{X} + K_T \text{ x } S \quad \text{..... (2-3)}$$

Dimana:

$X_{Tr}$ = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang tahunan,(mm)

X = nilai rata-rata hitung variat, (mm)

S = deviasi standar nilai variat,

$K_T$ = Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluangatau kala ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang. (Nilai Variabel reduksi Gauss).

### 2.13.2 Metode Distribusi Log Normal 2 Parameter

Perhitungan Distribusi Log Normal 2 Parameter sebagai berikut :

**Koefisien Variasi (Cv)**

Rumus :

$$Cv = \frac{SD}{\overline{X}} \quad \text{..... (2-3)}$$

Dimana :

Cv = koefisien variasi

SD = standar deviasi

$K_T$ = curah hujan rata-rata (mm)

Persamaan Distribusi Log Normal 2 Parameter sebagai berikut :

$$X_{Tr} = \overline{X} + K_T \text{ x } S \quad \text{..... (2-4)}$$

Dimana :

$X_{Tr}$ = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang Tahunan, (mm)

X = nilai rata-rata hitung variat, (mm)

S = deviasi standar nilai variat,

$K_T$ = nilai karakteristik Distribusi Log Normal 2 Parameter yang nilainya bergantung dari koefisien variasi (Cv)

### 2.13.3 Metode Distribusi Log Normal 3 Parameter

Perhitungan Distribusi Log Normal 3 Parameter sebagai berikut :

**Koefisien Skewness (Cs)**

Rumus :

$$Cs = \frac{n\sum_{i=1}^{n}(X_i-\bar{X})^3}{(n-1)\,x\,(n-2)\,x\,S^3} \quad \text{..... (2-5)}$$

Dimana :

Cs = koefisien Skewness

S = standar deviasi

X = curah hujan rata-rata (mm)

Xi = curah hujan di stasiun hujan ke i (mm)

n = jumlah data

Persamaan Distribusi Log Normal 3 Parameter sebagai berikut :

$$X_{Tr} = \overline{X} + K_T \text{ x } S \quad \text{..... (2-6)}$$

Dimana :

$X_{Tr}$ = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang Tahunan, (mm)

$\overline{X}$ = nilai rata-rata hitung variat, (mm)

S = deviasi standar nilai variat,

$K_T$ = nilai karakteristik distibusi Log Normal 3 Parameter yang nilainya bergantung dari koefisien Skewness (Cs).

### 2.13.4 Metode Distribusi Pearson Type III

Persamaan Distribusi Person Type III sebagai berikut :

$$X_t = X_i + K_T x\, S_i \quad \text{..... (2-7)}$$

Dimana :

$X_i$ = Nilai Rata-rata

$S_i$ = Standar deviasi

Cs = Koefisien skewness

$K_T$ = Faktor sifat distribusi Pearson Type III, yang merupakan fungsi dari besarnya Cs yang ditunjukan pada tabel.

### 2.13.5 Distribusi Log Pearson Type III

Perhitungan Distribusi Log Person Type III sebagai berikut :

$$\log Xt = \overline{log}Xi + KT\ x\ Si \quad \text{..... (2-8)}$$

Dimana :

KT = Koefisien frekuensi

Persamaan Distribusi Gumbel sebagai berikut :

$$X_{tr} = X + K \text{ x } Sx \quad \text{..... (2-9)}$$

Dimana :

Xtr = Curah hujan untuk periode ulang T tahun (mm).

X = Curah hujan maksimum rata-rata

Sx = Standar deviasi

K = Faktor frekuensi

Sn, Yn = Faktor pengurangan deviasi standar rata-rata sebagai fungsi dari jumlah data.

## 2.14 Analisis Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi secara kontinyu pada suatu kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Analisis intensitas curah hujan ini dapat diproses dari data curah hujan yang telah terjadi pada masa lampau (Loebis, 1987).

Intensitas curah hujan dinotasikan dengan huruf I yang satuannya mm/jam. Artinya, tinggi curah hujan yang terjadi sekian mm dalam kurun waktu satu jam. Intensitas hujan ini digunakan dalam perhitungan debit banjir, terutama pada metode rasional.

Untuk menghitung intensitas curah hujan, dapat digunakan beberapa macam metode.

- Talbot (1881)

$$i = \frac{t}{a+b} \quad \text{..... (2-10)}$$

- Sherman (1905)

$$i = \frac{a}{t^b} \quad \text{..... (2-11)}$$

- Inshiguro

$$I = \frac{\text{a}}{\sqrt{t+b}} \quad \text{..... (2-12)}$$

- Mononobe

$$I = \frac{R_{24}}{24} x \left[\frac{24}{t}\right]^{2/3} \quad \text{..... (2-13)}$$

Dimana :

$I_t$ = Intensitas hujan (mm/jam)

$R_{24}$ = Curah hujan maksimum harian dalam 24 jam (mm/jam)

t = Lama Hujan (jam)

a,b = Konstanta

## 2.15 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan air untuk mengalir dari titik yang paling jauh pada aliran ke titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir saluran.

Pada prinsipnya waktu konsentrasi dapat dibagi menjadi :

a. Inlet time (to), yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir diatas permukaan tanah menuju saluran drainase
b. Conduit time (td), yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di sepanjang saluran sampat titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir.

Waktu konsentarasi besarnya sangan bervariasi dan dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut :

a. Luas daerah pengaliran
b. Panjang saluran drainase
c. Kemiringan dasar saluran
d. Debit dan kecepatan aliran

Waktu konsentrasi (tc) dapat dihitung dengan rumus berikut:

Rumus dari Kirpich (1940):

$$t_c = 0{,}0195 \times Ls^{0{,}77} \times S^{-0{,}385} \quad \text{..... (2-14)}$$

Atau

$$Tc = t_o + t_d$$

Dimana :

$t_c$ = Lamanya curah hujan / waktu konsentrasi aliran (jam).

L = Panjang saluran dari titik terjauh sampai dengan titik yang di tinjau (m) $\rightarrow$ (km)

S = Kemiringan dasar saluran

$t_o$ = Waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir diatas permukaan tanah menuju saluran drainase

$t_d$ = Waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di sepanjang saluran sampat titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir.

V = Kecepatan Air dalam saluran

**Tabel 2-7 Kecepatan saluran**

| Kemiringan rata-rata dasar saluran (%) | Kecepatan rata-rata (meter/detik) |
|---|---|
| Kurang dari 1 | 0,40 |
| 1 - 2 | 0,60 |
| 2 - 4 | 0,90 |
| 4 - 6 | 1,20 |
| 6 - 10 | 1,50 |
| 10 - 15 | 2,40 |

*(Sumber: Drainase perkotaan, S.N Gunadarma, 1997)*

**Tabel 2-8 Klasifikasi Intensitas Hujan (Kohnke dan Bertrand, 1959)**

| Intensitas hujan (mm/jam) | Klasifikasi |
|---|---|
| Kurang dari 6,25 | Kecil (gerimis) |
| 6,25 - 12,50 | Sedang |
| 12,50 - 50,00 | Lebat |
| lebih dari 50,00 | Sangat Lebat |

*(Sumber : Kohnke dan Bertrand, 1959)*

## 2.16 Debit Air Hujan

Menentukan debit air hujan, perlu disesuaikan dengan kondisi data hujan yang ada, luas tangkapan hujan, serta periode ulang hujan yang digunakan. Pada kasus ini, penulis menggunakan panduan kriteria drainase perkotaan dari buku *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan* oleh Suripin tahun 2004, untuk menentukan metode perhitungan debit banjir, yang ditunjukkan oleh tabel.

**Tabel 2-9 Kriteria Desain Drainase Perkotaan**

| Luas DAS (Ha) | Periode Ulang (Tahun) | Metode Perhittungan debit hujan |
|---|---|---|
| < 10 | 2 | Rasional |
| 10 - 100 | 2 – 5 | Rasional |
| 101 - 500 | 5 – 20 | Rasional |
| > 500 | 10 – 25 | Hidrograf Satuan |

*(Sumber: Suripin, 2004 . Sistem Drainase kota Berkelanjutan, Andi, Yogyakarta)*

Rumus umum dari Metode Rasional adalah :

$$Q = 0{,}00278.C.\ I.\ A \quad \text{..... (2-15)}$$

Dimana :

C = Koefesien limpasan

I = Intensitas curah hujan

A = Luas area tangkapan hujan (Atap)

## 2.17 Metode Rainwater Harvesting

*Rainwater harvesting* adalah teknologi yang digunakan untuk mengumpulkan, mengalirkan dan menyimpan air hujan untuk kemudian digunakan dari permukaan yang relative bersih seperti atap, permukaan tanah atau tangkapan batu. Nilai *rainwater harvesting* sebagai sarana pelengkap atau pengganti suplai air perkotaan telah dibuktikan oleh banyak peneliti. *Rainwater harvesting* merupakan komponen penting dari pengelolaan air perkotaan dan memiliki manfaat sekunder sebagai perluasan penggunaan air hujan dan teknologi inovatif sederhana lainnya memiliki potensi untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dari waduk penyimpanan air dan proses peng (Yulistyorini, Anie;, 2011) olahan air yang berkontribusi terhadap perubahan iklim.

Sistem *rainwater harvesting* memanfaatkan sumber daya air *onsite*, mengurangi limpasan perkotaan (*urban runoff*) dan menghemat pengeluaran uang untuk penggunaan air tanah. Sistem *rainwater harvesting* memiliki keterbatasan utama dalam efisiensi system tersebut yang sangat dipengaruhi oleh variasi spasial dan temporal hujan, yang kemudian mempengaruhi kinerja ekonomi mereka. Keuntungan *rainwater harvesting* adalah tersedia air tambahan, meningkatkan kelembaban tanah, meningkatan air tanah melalui resapan buatan, mengurangi banjir perkotaan dan meningkatkan kualitas air tanah. Manfaat *rainwater harvesting* dapat digunakan untuk irigasi, *toilet flushing* dan untuk mencuci.

*Rainwater harvesting* memiliki kelebihan dan kekurangan sebagaimana sebuah metode yang lainnya. Berikut ini adalah kelebihan dari *rainwater harvesting*

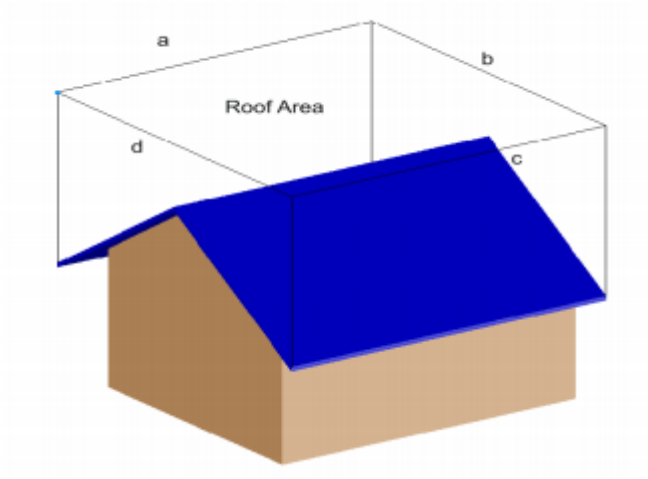
Kelebihan:

a) Material yang dibutuhkan untuk membuat *rainwater harvesting* seperti talang, bak toren, dan material lainnya relatif murah dan mudah didapat
b) Desain konstruksi atap di bagian *catchment area* sederhana dan berlaku untuk semua jenis atap
c) Biaya perawatan kecil
d) Air hujan yang tertampung dapat digunakan tanpa *treatment* jika sudah menggunakan permukaan talang air yang bersih

### 2.17.1 Komponen *Rainwater Harvesting*

Komponen dasar dari suatu pemanen air hujan terdiri beberapa komponen dasar yaitu:

1. *Catchment* atau Area penangkapan air hujan ini bisa dimasukkan dalam konstruksi permukaan tempat penangkapan air hujan. Area ini yang kemudian ikut mempengaruhi efisiensi dan pengumpulan air hujan. Bahan-bahan penyusunnya haruslah tidak beracun, apalagi mengandung bahan-bahan yang bisa menurunkan kualitas air hujan. Bahan-bahan yang bisa menggunakan bahan-bahan antikarat, misalnya, alumunium, besi galvanis, beton, *fiberglass shingless*, dsb.




**Gambar 2-3 Area Tangkapan Air Hujan**

*(Sumber : Ontario, 2010)*

2. *Delivery system* atau sistem pengaliran air hujan. Biasanya terdiri atas saluran pengumpul, atau pipa yang mengalirkan air hujan yang turun dari atap ke tangki penyimpanan melalui pipa atau talang. Agar mampu mengalirkan air hujan semaksimal mungkin, saluran pengumpul atau pipa dibuat dengan ukuran, kemiringan, serta disesuaikan dengan kebutuhan.
   Adapun untuk ukuran pipa penyalur *(downpipe)* mengutip dari Panduan dimensi pipa untuk daerah tropis SOPAC,2004 adalah sebagai berikut :

**Tabel 2-10 Panduan Dimensi Pipa Untuk Daerah Tropis**

| Roof area ($m^2$) served by one gutter | Gutter width (mm) | Minimum downpipe diameter (mm) |
|---|---|---|
| 17 | 60 | 40 |
| 25 | 70 | 50 |
| 34 | 80 | 50 |
| 46 | 90 | 63 |
| 66 | 100 | 63 |
| 128 | 125 | 75 |
| 208 | 150 | 90 |

*(Sumber : SOPAC, 2014)*




**Gambar 2-4 Talang Air**

*(Sumber: http://rainwaterharvesting.tamu.edu/)*

3. *Rainwater filter,* Atau saringan air hujan yaitu kompnen untuk menyaring kotoran yang terbawa oleh air hujan seperti daun dan ranting agar tidak terbawa masuk kedalam tangki penampungan.
4. *Storage reservoir*. Tangki/bak tempat penyimpanan atau penampungan air hujan ini bisa terbuat dari, beton, plastik, fiber, stainless, logam maupun tangki buatan seperti tong atau bak. Dalam *storage reservoir*, kita juga bisa membuat filter sendiri yang bertujuan untuk menyaring sampah (daun, plastik, dll) yang mungkin ikut terbawa air hujan. Dalam kondisi tertentu, filter harus bisa dilepas dengan mudah dan dibersihkan dari sampah.



**Gambar 2-5 Tempat penampungan air hujan**

*(Sumber : Aztank PT. Tanki koin jaya )*

Berikut adalah contoh gambar keseluruhan metode *rainwater harvesting*.




**Gambar 2-6 Rainwater Harvesting dipermukaan tanah**

*Sumber : Rainharvesting System* (Yulistyorini, Anie;, 2011)

### 2.17.2 Koefisien *Runoff*

Aliran permukaan (*run off*) adalah bagian dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju ke sungai, danau dan lautan. Air hujan yang jatuh ke permukaan tanah ada yang langsung masuk ke dalam tanah atau disebut air infiltrasi. Sebagian lagi tidak sempat masuk ke dalam tanah dan oleh karenanya mengalir di atas permukaan tanah ke tempat yang lebih rendah. Ada juga bagian dari air hujan yang telah masuk ke dalam tanah, terutama pada tanah yang hampir atau telah jenuh, air tersebut ke luar ke permukaan tanah lagi dan lalu mengalir ke bagian yang lebih rendah.

Aliran air permukaan yang disebut terakhir sering juga disebut air larian atau limpasan, Permilihan harga C yang tepat memerlukan pengalaman hidrologi yang luas. Faktor utama yang mempengaruhi C adalah laju infiltrasi tanah atau presentase lahan kedap air, kemiringan lahan, tanaman penutup tanah, dan intensitas hujan. Permukaan kedap air, seperti perkerasan aspal dan atap bangunan, akan menghasilkan aliran hampir 100% setelah permukaan menjadi basah, seberapa pun kemiringannya (Suripin, 2004).

**Tabel 2-11 Koefisien *Run Off* Beberapa Jenis Bahan Atap**

Source: Alphonsus Daniel, pers. comm.

| Type of catchment | Coefficients |
|---|---|
| **Roof catchments** | |
| Tiles | 0.8 - 0.9 |
| Corrugated metal sheets | 0.7 - 0.9 |
| **Ground surface coverings** | |
| Concrete | 0.6 - 0.8 |
| Brick pavement | 0.5 - 0.6 |
| **Untreated ground catchments** | |
| Soil on slopes less than 10 percent | 0.1 - 0.3 |
| Rocky natural catchments | 0.2 - 0.5 |

*(Sumber : Alphounsus Daniel, Pers, comm)*

### 2.17.3 Perencanaan Talang

Perencanaan talang atap merupakan hal yang paling utama yang harus ditentukan, dimana talang atap merupakan komponen yang menangkap air yang jatuh pada atap rumah yang kemudian di distribusikan melalui pipa menuju tangki penyimpanan. Perencanaan dimesi talang harus optimum sesuai dengan jumlah air yang di alirkan. Talang perlu didesain sedemikian rupa agar mampu mengalirkan air hujan yang akan dipanen dengan efektif dan tidak luber Adapun perhitungan desain dimensi talang dapat ditentukan dengan menggunakan metode manning.

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad \text{..... (2-16)}$$

Dimana :

$V$ = Kecepatan aliran (m/dt)

R = Jari-jari hidraulik (m).

S = Kemiringan saluran yang direncanakan/ kemiringan slope DAS

n = Koefisien kekasaran.

**Tabel 2-12 Kekasaran Bazin**

| Bahan | Koefesien Manning, n |
|---|---|
| Besi tulang dilapis | 0,014 |
| Kaca | 0,010 |
| Saluran beton | 0,013 |
| Bata dilapis mortar | 0,015 |
| Pasangan batu disemen | 0,025 |
| Saluran tanah bersih | 0,022 |
| Saluran tanah | 0,030 |
| saluran dengan dasar batu dan tebing rumput | 0,040 |
| salran pada galian batu padas | 0,040 |

*(Sumber : Hidraulika,Prof.Dr.Ir.Bambang Triatmojo,CES,DEA)*

Bentuk penampang saluran drainse dapat merupakan saluran terbuka maupun saluran tertutup tergantung dari kondisi daerahnya. Rumus kecepatan rata-rata pada perhitungan dimensi penampang saluran menggunakan rumus manning, karena rumus ini mempunyai bentuk yang sangat sederhana tetapi memberikan hasil yang memuaskan, oleh karena itu rumus ini dapat luas penggunaannya sebagai rumus aliran seragam dalam perhitungan saluran

$$Q=A.V = A.1/n.R^{2/3}.S^{1/2} \quad \text{..... (2-17)}$$

Dimana :

$V$ = Kecepatan aliran (m/detik)

n = Angka Kekasaran Manning

R = Jari-jari hidrolis saluran (m)

S = Kemiringan saluran yang direncanakan/ kemiringan slope DAS

Q = Debit saluran ($m^3$/detik)

**a. Penambpang saluran segi empat**

Saluran penampang segi empat terbuka :

Luas Penampang (A) = b x h = $h^2$ ..... (2-18)

Keliling basah (P) = b + 2h ..... (2-9)

Jari-jari hidrolis (R) $= \frac{A}{P}$ ..... (2-20)

Kecepatan Aliran $V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$ ..... (2-21)

Q = A x V ..... (2-22)

### 2.17.4 Pemilihan Jenis Tangki

Dalam kaitan dengan penyediaan air hujan maka diperlukan sebuah bak penampungan air (*reservoir*) yang tepat dan dapat digunakan secara maksimal. Ada beberapa jenis tangki air dan bahan yang umum digunakan yaitu :

1. Tangki air plastik
2. Tangki air bahan logam
3. Tangki air beton
4. Tangki air *fiberglass*

Dalam memilih tangki juga perlu diperhatikan ukuran isi tangki apakah sesuai dengan kebutuhan, tempat menaruh tangki apakah diatas permukaan tanah ataupun dibawah tanah, Adapun Kelebihan dan kekurangan penem[atan tangki penyimpanan air dapat dilihat pada tabel diawah:

**Tabel 2-13 Kelebihan dan Kekurangan Sistem Tampungan di Atas dan di Bawah Permukaan**

| | Advantages | Disadvantages |
|---|---|---|
| Above-ground | • Allows for easy inspection for cracks (masonry structures) or leakage<br>• Cheaper to install and maintain; particularly the case for small volume household supply needs<br>• Water extraction can be done by gravity with extraction by tap; allows for easy draining if needed<br>• Tank(s) can be raised above ground to increase water pressure | • Requires space for installation, particularly if large storage volume is needed; case for commercial and industrial uses<br>• Masonry works exposed to deterioration from weathering<br>• Failure of elevated support structures can be dangerous<br>• Requires the construction of a solid foundation which may be costly |
| Underground | • Surrounding ground lends structural support allowing lower wall thickness and lower installation costs<br>• Can form part of the building foundation<br>• Unobtrusive - require little or no space above ground; useful where large volume storage is required<br>• | • For relatively small storage requirements, is relatively more expensive<br>• Water extraction is more problematic, requiring a pump<br>• Leaks or failures are difficult to detect; pose risk to building foundation failure if constructed on a slope<br>• Possible contamination of the tank from groundwater intrusion or floodwaters<br>• Possibility of undetected structural damage by tree roots; allows for entry of contaminates or vermin<br>• Cannot be easily drained for cleaning; requires pump-out |

*(Sumber: SOPAC,2014 dalam (Sari, Winda Diana;, 2016))*

### 2.17.5 Perencanaan Kapasitas Tangki Penyimpanan Air Hujan

Untuk perencanaan kapasitas tangki penyimpanan air hujan yang dikutif dari *"A Handbook on Rainwater Harvesting in the Caribbean"* dan (Sari, Winda Diana;, 2016) dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan *Simple method* dan *grafik method*.

**A.*Simple Methode***

Dimana dalam metode ini, konsumsi air rata-rata tahunan yang diperkirakan untuk rumah tangga, didasarkan pada jumlah penghuni. Durasi rata-rata periode tanpa hujan terpanjang juga diasumsikan dalam jumlah hari. Periode durasi tanpa hujan ini pada gilirannya dinyatakan sebagai rasio (durasi satu tahun) dan dikalikan dengan konsumsi tahunan untuk memperkirakan volume air yang akan diperlukan untuk periode ini.

Untuk perhitungan ini bersumber dari *School of EngineeringUniversity of Warwick, Development Technology Unit*, 2008.

Konsumsi air tahunan (AC) = K x n x 365

Kebutuhan penyimpanan (SR) = AC x Dp/365

Dimana :

AC = Konsumsi air tahunan

K = Konsumsi air /orang/liter

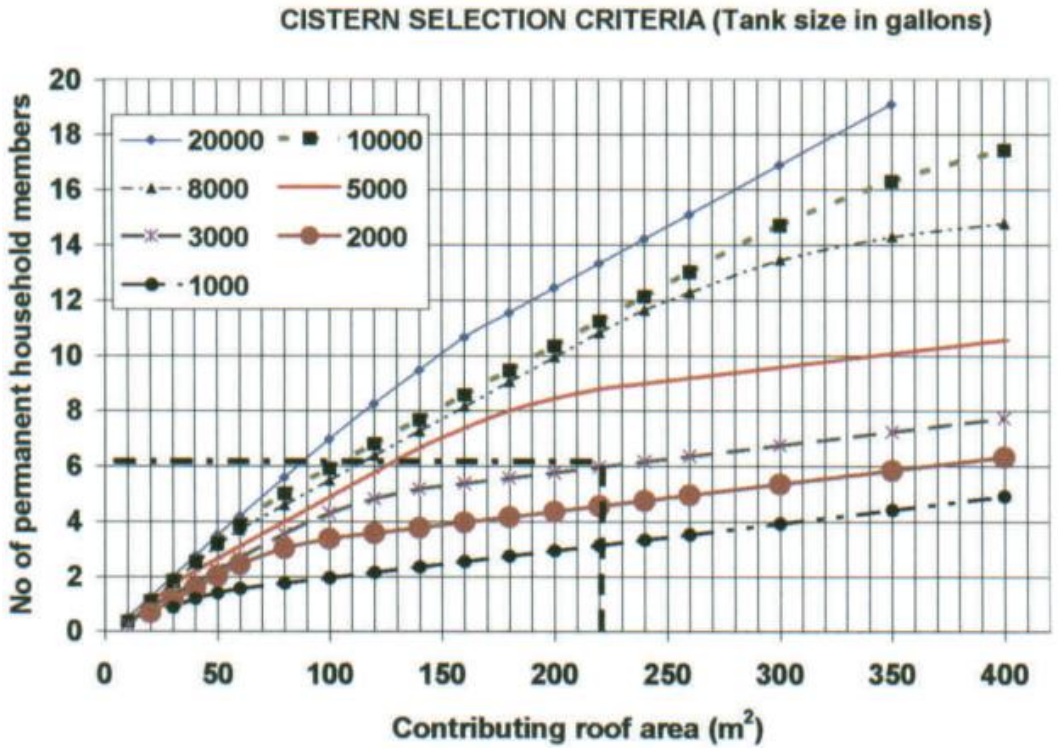
n = Jumlah Penghuni

SR = Kebutuhan Penyimpanan

Dp = Rata-rata jumlah hari tanpa hujan terpanjang dalam 1 tahun.

**B. Grafik Methode**

Dalam pemilihan ukurang tanki penyimpanan air hujan dengan menggunakan metode grafik, yaitu ditentukan oleh luas tangkapan air hujan (atap) dan jumlah penghuni dalam rumah tangga atau bangunan yang ditinjau. Adapun grafiknya dapat dilihat dibawah ini :




**Gambar 2-7 Grafik Method**

*(sumber: Peters 2003 di http://uwichill.edu.bb/bnccde/svg/conference/papers/peters.html)*

### 2.17.6 Volume Ketersediaan Air Hujan Yang Dapat Dipanen

Volume ketersediaan air hujan yang dapat dipanen dapat dihitung dengan mengalikan curah hujan dan luas *cathcment area* dan Koefesien Pengaliran. (Juliana, Imroatul Chalimah;, 2017) dan (Budi, Harsoyo, 2010).

$$R_{eff} = Rt \times A \times C \quad \text{..... (2-23)}$$

Dimana :

$R_{eff}$ = Potensi Curah Hujan (Liter)

$R_t$ = Curah Hujan (mm) $\rightarrow$ (dm)

A = Luas daerah tangkapan ($m^2$) $\rightarrow$ ($dm^2$)

C = Koefesien limpasan

### 2.17.7 Neraca Air

Neraca air (*water balance*) merupakan neraca masukan dan keluaran air disuatu tempat pada periode tertentu, sehingga dapat untuk mengetahui jumlah air tersebut kelebihan (surplus) ataupun kekurangan (defisit). Kegunaan mengetahui kondisi air pada surplus dan defisit dapat mengantisipasi bencana yang kemungkinan terjadi, serta dapat pula untuk mendayagunakan air sebaik-baiknya. *(http://farensapetanisukses1.blogspot.co.id,2017)*

## 2.18 Penerapan *Rainwater Harvesting* Di Beberapa Negara

### 2.18.1 *Rainwater Harvesting* Di Brazil

Daerah Semi-Arid Brasil (SAB), Memiliki curah hujan yang berkisar kurang dari 185 mm sampai 974 mm per tahun. Pada tahun 2005, departemen irigasi Nasional menghitung resiko kekeringan antara tahun 1970 dan 1990 diatas 60%. Prakiraan perubahan iklim menunjukan bahwa bagian-bagian yang kering dari SAB akan menjadi semakin kering, walaupun ada sedikit peningkatan curah hujan.Untuk beradaptasi dengan variabilitas curah hujan tersebut, dibutuhkan lebih banyak penyimpanan air di daerah pedesaan.

Pemanenan air hujan adalah salahatu cara untuk beradaptasi terhadap variabilitas curah hujan saat ini dan masa depan. Pemanenah air hujan telah diterima oleh masyarakat pedesaan di SAB. Mereka belajar hidup dalam harmoni dengan alam iklim semi-araid. Mereka memahami bahwa air harus dikelola dalam cara terpadu, mempertimbangkan sumber (hujan, air permukaan, tanah dan air tanah), dan penggunaan air (untuk lingkungan, domestik, pertanian dan keperluan darurat). *(http://www.kelair.bppt.go.id/Publikasi/BukuAirTanahBuatan/Bab6-PemanenanAirHujan.pdf)*

Salah satu contoh sistem penampungan air hujan :




**Gambar 2-8 RWH No 84625 Di Brazil Dalam Program Untuk 1 Juta Tangki Air**

*(Sumber: UNEP/SEI, 2009)*

### 2.18.2 *Rainwater Harvesting* Di Australia

Proyek pemanenan air hujan membuat area penangkap air hujan seluas 1000-10000 $m^2$ bahkan lebih. Pemanenan air hujan ini dibangun rumah sakit, pusat-pusat perbelanjaan, perguruan tinggi, fasilitas olah raga, kantor, taman dan kebun. Contoh pemanenan air hujan di australia dapat dilihat pada gambar dibawah :



**Gambar 2-9 Commercial Rainwater Harvesting Woolworhts RDC & Rainwater Harvesting at hospital, Minchinbury Sydney, Australia Hauber - Davidson**

*(Sumber: http://www.kelair.bppt.go.id/Publikasi/BukuAirTanahBuatan/Bab6-PemanenganAirHujan.pdf)*

### 2.18.3 *Rainwater Harvesting* Di Thailand

Thailand terletak di sabuk tropis dunia. Memiliku curah hujan melimpah, musim hujan berasal dari Mei-Oktober, ketika itu negara ini mengalami monsun barat daya, curah hujan tahunan berkisar 102 cm di timur laut sehingga lebih dari 380 cm di semenanjung. Secara tradisional orang mengumpulkan air hujan untuk menggunakannya secara eksklusif untuk minum dan memasak. Orang lebih suka air hujan hingga untuk air laiinnya karena rasanya. Untuk rakyat pedesaan thailand umumnya menggunakan setidaknya dua sumber air. Air hujan dari stoples dan tangki serta air tanah dangkal dari tabung sumur. Penggunaan lebih dari 10 juta, 1-2 *guci forrocement* meter kubik, untuk penyimpanan air hujan di thailand telah menunjukan potensi dan kesesuaian sistem tangkapan sebagai teknologi pasokan air utama pedesaan.

Pemanenan air hujan dengan menggunakan guci hampir digunakan oleh semua rumah individu dengan demekian mereka memiliki akses ke sepanjang tahun untuk air bersih. Contoh penerapan panen air hujan di thailand sebagai berikut:



**Gambar 2-10 Stoples Atau Guci Penyimpanan Air Hujan Di Thailand**

*(Sumber: http://www.kelair.bppt.go.id/Publikasi/BukuAirTanahBuatan/Bab6-PemanenanAirHujan.pdf)*

### 2.18.4 Sistem Pemanenan Air Hujan Di Bandara Changi – Singapore.

Changi Airport melakukan sistem pemanenan air hujan dengan cara mengumpulkan dan memanfaatkan air hujan dari atap, yang menyumbang 28-33% dari total air yang digunakan, menghasilkan penghematan biaya sekitar $ 390.000 per tahun. Potensi untuk menggunakan atap sebagian daerah tangkapan cukup tinggi. Sistem yang dikembangkan adalah merupakan hasil penelitian yang insentif. Sebuah program komputer yang sederhana ini dikembangkan dan disusu berkaitan nomogram daerah atap, ukuran tangki dan *roofwater* yang tersedia. *(Sumber:http://www.kelair.bppt.go.id/Publikasi/BukuAirTanahBuatan/Bab6-PemanenanAirHujan.pdf).*

Adapun penerapan sistem pemanenan air hujan di bandara changi-Singaphore dapat dilihat pada gambar dibawah :




**Gambar 2-11 Sistem Pemanenan Air Hujan Di Bandara Changi – Singapore.**

*(Sumber: http://www.kelair.bppt.go.id/Publikasi/BukuAirTanahBuatan/Bab6-PemanenanAirHujan.pdf)*

**Tabel 2-14 Daftar Jurnal**

| No | Nama | Judul | Masalah | Metode | Cara Penyelesaian |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Resti Kharisma(1), Ananto Yudono(1), Rita Tahir Lopa(2) | Pemanfaatan *Rainwater Harvesting* (Pemanenan Air Hujan) Berbasis Low Impact Development (Studi Kasus: Kawasan Pendidikan FT-UH Gowa) | Untuk mengetahui volume limpasan air hujan dan menyediakan sarana dan prasarana untuk menampung/memanen air hujan sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber. | Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Penelitian ini hanya menfokuskan pada kuantitas air. | Analisis yang digunakan yaitu analisis deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Besar volume pemanenan air hujan yaitu 18.198,63 m3/tahun (dapat mengurangi pekaian air dari sumber air tanah sebesar 10,55 %). Media yang digunakan untuk menampung air hujan yaitu reservoir atau tangki dan danau buatan dengan kapasitas 2272 m3 dan 3750 m3. |
| 2 | Nurhamimah Daulay[1], Terunajaya[2] | PEMANENAN AIR HUJAN ( *RAIN WATER HARVESTING* ) SEBAGAI ALTERNATIF PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR DI RUMAH TANGGA | Untuk mengetahui sistem memanen air hujan di Rumah tangga, apakah air hujan yang dihasilkan dari panen hujan dapat memenuhi kebutuhan air di Rumah Tangga. | Metode penelitian yang digunakan yaitu metode Rasional. Data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder kemudian dianalisis berdasarkan analisis hidrologi dan analisis hidrolika. Dalam hasil analisa nilai curah hujan yang digunakan untuk perhitungan intensitas curah | Dari hasil analisa dan perhitungan pemanenan air hujan diperoleh intensitas hujan selama 1 tahun sebanyak 56,508 mm/jam. Dengan intensitas yang diperoleh maka debit yang dapat ditampung adalah 0,000383 m3/detik. Rata-rata hujan di Daerah Kecamatan Sosa Kabupaten Padang Lawas minimal berlangsung selama 10 menit atau 600 detik dalam sehari. Maka limpasan hujan yang mampu ditampung adalah 2.298 liter (selama |

| No | Nama | Judul | Masalah | Metode | Cara Penyelesaian |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | hujan adalah nilai curah hujan Distribusi Log Person III. Waktu konsentrasi ditentukan dengan persamaan Kirpich . Untuk Intensitas curah hujan digunakan rumus Mononobe, dan untuk mencari debit saluran menggunakan metode Rasional. | musim hujan). Kebutuhan air dalam 1 rumah (1 KK) dengan 5 orang jiwa ( Ayah + Ibu + 3 orang anak) diperoleh 300 liter. |
| 3 | *Budi Harsoyo*[1] | TEKNIK PEMANENAN AIR HUJAN (*RAIN WATER HARVESTING*) SEBAGAI ALTERNATIF UPAYA PENYELAMATAN SUMBERDAYA AIR DI WILAYAH DKI JAKARTA | Untuk mengatasi ketimpangan air pada kurangnya hujan dan kekeringan (kekurangan air), pasokan air bersih masyarakat dunia, serta penanggulangan banjir dan kekeringan. | Tulisan ini mencoba untuk menganalisis induksi deskriptif terkait dengan tema teknik pemanenan air hujan *rainwater harvesting.* | Menganalisis induksi deskriptif terkait dengan tema teknik pemanenan air hujan, dimulai dengan deskripsi dari pandangan terbuka dan data yang dikumpulkan dari literatur yang berkaitan dengan tema dan isu-isu sumber daya air di wilayah Jakarta, kemudian dilakukan analisis lebih lanjut dan kesimpulan yang diambil adalah terkait dengan aspek konservasi air dan pengelolaan sumber daya air krisis di DKI Jakarta. |
| 4 | David Susanto[1], Ryan Ega Kahana[2], Herry | STUDI KASUS PENERAPAN KONSERVASI AIR | Diperlukan upaya konservasi air pada perumahan untuk menjaga sumber air agar | Metode pengolahan data dilakukan dengan menggunakan analisa data deskriptif dari sumber data yang | Menunjukkan manfaat dari penerapan konservasi air *wastewater treatment* pada perumahan PT. X adalah kesiapan dari Peraturan Daerah Kota |

| No | Nama | Judul | Masalah | Metode | Cara Penyelesaian |
|---|---|---|---|---|---|
| | Pintardi Chandra | PADA PERUMAHAN PT X | tetap terlindungi. Saat ini perumahan PT. X telah menerapkan konservasi air melalui *wastewater treatment*. Pada penelitian ini akan diteliti tentang penerapan *wastewater treatment* dan upaya penerapan *rainwater harvesting* pada perumahan. | berasal dari observasi, wawancara, dan dokumentasi. | Surabaya No 7 Tahun 2009 dan Peraturan Daerah Kota Surabaya No 2 Tahun 2004, menciptakan lingkungan yang hijau, dan pengurangan polusi air. Sedangkan penerapan konservasi air *rainwater harvesting* menghasilkan kapasitas bak penampung untuk rumah tipe celinda, michelia dan senna sebesar 3 m3, 3.6 m3, 4,8 m3 dan waktu pengembalian investasi *rainwater harvesting* sebesar 10 tahun, 9 tahun, 8 tahun. |