

BAB 3

LANDASAN TEORI

3.1 Konsep *Smart & Green Campus*

Smart and green campus merupakan salah satu konsep yang mendukung pembangunan yang berkelanjutan, dimana suatu konsep yang mengutamakan praktik dari upaya-upaya perlindungan, pengelolaan, dan pelestarian lingkungan yang berkelanjutan pada institusi-institusi pendidikan (Santoso, Akmalah, & Irawati, 2017).

UI *GreenMetric World University Rankings* merupakan salah satu sistem pemeringkatan universitas dunia. Pemeringkatan yang dicetuskan oleh Universitas Indonesia (UI) ini dilakukan untuk mengetahui usaha kampus-kampus dunia dalam menerapkan prinsip-prinsip *sustainable development* yang menilai dari segi *green campus*. Hingga tahun 2021 terdapat 956 perguruan tinggi dari seluruh dunia dan 101 diantaranya merupakan perguruan tinggi asal Indonesia yang berpartisipasi dalam UI *GreenMetric*. Berdasarkan sistem pemeringkatan ini terdapat 6 kategori dengan bobot poin masing-masing yang berbeda, diantaranya sebagai berikut.

Tabel 3.1 Komponen Kriteria UI *GreenMetric*

No.	Category	Percentage of Total Points (%)
1	Penataan dan Infrastruktur (SI)	15
2	Energi dan Perubahan Iklim (EC)	21
3	Limbah (WS)	18
4	Air (WR)	10
5	Transportasi (TR)	18
6	Pendidikan dan Penelitian (ED)	18
	Total	100

(sumber:https://greenmetric.ui.ac.id/wpcontent/uploads/2015/07/UI_GreenMetric_Guideline_2019_Indonesian_1.1)

Dalam kategori air (WR) tersebut terdiri dari beberapa indikator antara lain:

- a. Implementasi program konservasi air di Kampus
- b. Implementasi program pemanfaatan air didaur ulang di Kampus
- c. Penggunaan peralatan hemat air (misalnya keran sensor otomatis, *autoflush* toilet, dan lain-lain)

- d. Rasio antara penggunaan air berbasis pipa (contohnya: PAM) dengan total pengguna air

3.2 Analisis Kebutuhan Air

Kebutuhan air bersih salah satunya dapat dihitung berdasarkan jumlah pemakaian per hari rata-rata per orang dan jumlah penghuninya. Setelah melakukan penghitungan kebutuhan air bersih “dalam Liter per hari”, nantinya akan diperoleh gambaran mengenai volume tangki penyimpanan air bersih yang perlu disediakan dalam suatu bangunan dan besaran kapasitas pompa yang diperlukan. Perhitungan juga bisa dilakukan berdasarkan luas lantai apabila jumlah penghuni tidak diketahui dengan menetapkan kepadatan hunian per luas lantai (umumnya sebesar 5-10 m²/orang). Luas lantai yang dimaksudkan adalah luas lantai efektif. Kisaran dari luas lantai efektif ini adalah antara 55-80% dari luas lantai seluruhnya (Noerbambang, Soufyan, & Takeo, 2005).

Air yang dipanen pada *Rain Water Harvesting System* ini selanjutnya akan digunakan kembali untuk kebutuhan air non domestik yaitu untuk toilet (*flushing* dan wastafel) dan penyiraman taman. Terdapat standar jumlah kebutuhan air yang diperlukan dalam masing-masing penggunaannya. Standar kebutuhan untuk penggunaan *flushing* toilet adalah 20 liter/orang/hari (BSN, 2005), kemudian standar kebutuhan penggunaan wastafel yaitu sebesar 10 liter/orang/hari (Aska, 2018) Untuk standar kebutuhan air siram untuk tanaman adalah 2 liter/m²/hari (Widarto, 1996).

Kebutuhan air bersih rumah tangga, dinyatakan dalam satuan liter/orang/hari, besar kebutuhan tergantung dari kategori kota berdasarkan jumlah penduduk, yaitu :

Tabel 3.2 Kebutuhan Air Bersih Rumah Tangga per orang per hari menurut kategori kota

No	Kategori Kota	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kebutuhan Air Bersih (L/O/H)
1.	Semi urban (ibu kota kecamatan/desa)	3000 - 20000	60 - 90
2.	Kota kecil	20000 - 100000	90 – 110
3.	Kota sedang	100000 - 500000	100 – 125
4.	Kota besar	500000 - 1000000	120 – 150
5.	Metropolitan	>1000000	150 – 200

(Sumber : SNI 6278.1:2015)

3.3 Curah Hujan Andalan

Curah hujan andalan/efektif merupakan curah hujan minimum daerah untuk kemungkinan terpenuhi yang sudah ditentukan dan dapat dipakai untuk menentukan keperluan *Rain Water Harvesting System*. Nilai hujan andalan mendekati 90% diambil karena air yang akan dipanen diperuntukan langsung untuk kebutuhan manusia, sehingga membutuhkan volume air yang lebih banyak dibandingkan untuk kebutuhan tanaman (irigasi). Dalam menentukan besarnya debit andalan dengan peluang 90 % digunakan probabilitas Metode *Weibull*, dengan rumus (Soemarto, 1987):

$$P (\%) = \left(\frac{m}{(n+1)} \right) x 100 \% \quad (3.1)$$

dimana :

P = Peluang (%)

m = Nomor urut data

n = Jumlah data.

3.4 Curah Hujan Desain

Analisis frekuensi merupakan perkiraan yang digunakan sebagai dasar perhitungan perencanaan hidrologi untukantisipasi setiap kemungkinan yang akan terjadi, dalam arti memperoleh probabilitas untuk terjadinya suatu peristiwa hidrologi dalam bentuk debit atau curah hujan rencana. Data hujan harian maksimum tahunan minimal 10 tahun terakhir dibutuhkan sebelum dilakukan uji distribusi frekuensi curah hujan. Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam analisis sebaran dan banyak digunakan dalam hidrologi adalah distribusi normal, distribusi log normal, distribusi gumbel dan distribusi log pearson III.

Dalam menganalisis hujan rencana dengan metode distribusi manapun, terdapat data-data pendukung seperti berikut.

a. Standar Deviasi (S)

Standar Deviasi merupakan suatu nilai yang digunakan dalam menentukan persebaran data pada suatu sampel dan melihat seberapa dekat data-data tersebut dengan nilai *mean*. Standar deviasi atau simpangan baku merupakan ukuran penyebaran yang paling baik, karena menggambarkan besarnya

penyebaran tiap-tiap unit observasi (Fajriyah & Wardhani, 2020). Menghitung standar deviasi dari data curah hujan yang terekam di stasiun hujan setempat dengan rumus sebagai berikut ini.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (3.2)$$

Dimana :

S = Standar deviasi

X_i = Curah hujan maksimum

\bar{X} = Rata-rata curah hujan maksimum

n = Jumlah data

b. Koefisien kemencengan (Cs)

Koefisien kemencengan (*skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan seberapa jauh pergeseran dari bentuk yang simetris untuk suatu distribusi atau biasa dikenal dengan derajat ketidak simetrisan. Pengukuran kemencengan adalah mengukur seberapa jauh kurva frekuensi tersebut menceng (Upomo & Kusumawardani, 2016). Koefisien kemencengan (Cs) dapat dicari menggunakan persamaan seperti berikut.

$$Cs = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n - 1)(n - 2)S^2} \quad (3.3)$$

Dimana :

Cs = Koefisien kemencengan

S = Standar deviasi

X_i = Curah hujan rata-rata

\bar{X} = Rata-rata curah hujan maksimum

n = Jumlah data

c. Koefisien keruncingan/kurtosis (Ck)

Koefisien keruncingan atau kurtosis adalah parameter untuk mengukur tingkat kepuncakan dari sebuah distribusi yang biasanya diambil secara relatif terhadap suatu distribusi normal. Koefisien keruncingan dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut (Fajriyah & Wardhani, 2020).

$$Ck = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n - 1)(n - 2)(n - 3)S^4} \quad (3.4)$$

Dimana :

Cs = Koefisien kemencengan

S = Standar deviasi

Xi = Curah hujan rata-rata

\bar{X} = Rata-rata curah hujan maksimum

n = Jumlah data

Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam analisis sebaran dan banyak digunakan dalam hidrologi adalah distribusi normal, distribusi log normal, distribusi gumbel dan distribusi log pearson III.

a. Metode Distribusi Normal dan Log Normal

Metode distribusi normal adalah fungsi distribusi kumulatif normal yang dikenal dengan nama distribusi *Gauss* Rumus dalam distribusi ini adalah:

$$X_T = \bar{X} + K_T x S \quad (3.5)$$

dimana:

X_T = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan

\bar{x} = nilai rata-rata

S = standar deviasi

K_T = faktor frekuensi

Berikut merupakan tabel variasi reduksi *Gauss* faktor frekuensi.

Tabel 3.3 Metode Distribusi Normal – Faktor Frekuensi *Gauss*

No	Periode Ulang (T) Tahun	Peluang	K_T
1	1.001	0.999	-3,05
2	1.250	0.800	-0,84
3	1.670	0.599	-0,25
4	2.500	0.400	0,25
5	2.000	0.500	0
6	5.000	0.200	0,84
7	10.000	0.100	1,28
8	20.000	0.050	1,64
9	50.000	0.020	2,05
10	100.000	0.010	2,33

(Sumber : Soewarno, 1995)

b. Metode Distribusi Gumbel

Metode distribusi gumbel banyak digunakan dalam analisis frekuensi hujan.

Rumus yang digunakan adalah:

$$X_T = \bar{X} + \frac{Y_T - Y_n}{S_n} \times S \quad (3.6)$$

dimana:

X_T = besar variabel dengan kala ulang T tahun

\bar{x} = nilai rata-rata

S = standar deviasi

Y_T = reduced variate

Y_n = *reduced mean* yang tergantung jumlah sampel

S_n = *reduced standard deviation* yang tergantung pada jumlah sampel

Berikut merupakan tabel dari reduksi variat (Y_T), nilai rata-rata dari reduksi variat (Y_n), dan nilai rata-rata standar deviasi (S_n).

Tabel 3.4 Nilai Reduksi Variat (Y_T) Metode Gumbel

No	Periode Ulang (Tahun)	Reduced Variate (Y_T)
1	2	0,3665
2	5	1.4999
3	10	2.2502
4	20	2.9606
5	25	3.1985
6	50	3.9019
7	100	4.6001
8	200	5.296
9	500	6.214
10	1000	6.919
11	5000	8.539
12	10000	9.921

(Sumber : C.C. Soemarto, 1999)

Tabel 3.5 Nilai Rata-Rata Reduksi Mean (Yn) Metode Gumbel

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.4952	0.4996	0.5035	0.507	0.51	0.5128	0.5157	0.5181	0.5202	0.522
20	0.5236	0.5252	0.5268	0.5283	0.5296	0.53	0.582	0.5882	0.5343	0.5353
30	0.5363	0.5371	0.538	0.5388	0.5396	0.54	0.541	0.5418	0.5424	0.543
40	0.5463	0.5442	0.5448	0.5453	0.5458	0.5468	0.5468	0.5473	0.5477	0.5481
50	0.5485	0.5489	0.5493	0.5497	0.5501	0.5504	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.553	0.5533	0.5535	0.5538	0.554	0.5543	0.5545
70	0.5548	0.555	0.5552	0.5555	0.5557	0.5559	0.5561	0.5563	0.5565	0.5567
80	0.5569	0.557	0.5572	0.5574	0.5576	0.5578	0.558	0.5581	0.5583	0.5585
90	0.5586	0.5587	0.5589	0.5591	0.5592	0.5593	0.5595	0.5596	0.5598	0.5599
100	0.56									

(Sumber : C.C. Soemarto, 1999)

Tabel 3.6 Nilai Rata-Rata Standar Deviasi (Sn) Metode Gumbel

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.9496	0.9676	0.9833	0.9971	1.0095	1.0206	1.0316	1.0411	1.0493	1.0565
20	1.0628	1.0696	1.0754	1.0811	1.0864	1.0315	1.0961	1.1004	1.1047	1.1080
30	1.1124	1.1159	1.1193	1.1226	1.1255	1.1285	1.1313	1.1339	1.1363	1.1388
40	1.1413	1.1436	1.1458	1.1480	1.1499	1.1519	1.1538	1.1557	1.1574	1.1590
50	1.1607	1.1923	1.1638	1.1658	1.1667	1.1681	1.1696	1.1708	1.1721	1.1734
60	1.1747	1.1759	1.1770	1.1782	1.1793	1.1803	1.1814	1.1824	1.1834	1.1844
70	1.1854	1.1863	1.1873	1.1881	1.1890	1.1898	1.1906	1.1915	1.1923	1.1930
80	1.1938	1.1945	1.1953	1.1959	1.1967	1.1973	1.1980	1.1987	1.1994	1.2001
90	1.2007	1.2013	1.2026	1.2032	1.2038	1.2044	1.2046	1.2049	1.2055	1.2060
100	1.2065									

(Sumber : C.C. Soemarto, 1999)

c. Log Pearson III

Pearson telah mengembangkan serangkaian fungsi probabilitas yang dapat dipakai untuk hampir semua distribusi probabilitas empiris. Tiga parameter penting dalam Metode Log Pearson Tipe III, yaitu:

1. Harga rata-rata (R)
2. Simpangan baku (S)
3. Koefisien kemencengan (G)

Rumus yang digunakan adalah:

$$Y = \bar{Y} + K_T.S \tag{3.7}$$

$$\text{Log} (X_T) = \overline{\text{Log} (X)} + K_T.S \tag{3.8}$$

Dimana :

$Y = \text{Log}(X_T) =$ Nilai Curah Hujan periode ulang T tahun

$X =$ Data curah hujan

$\bar{Y} = \overline{\text{Log}(X)} =$ Nilai rata curah hujan logaritmik

$S =$ Standar Deviasi

$K_T =$ Karakteristik distribusi Log Pearson III

$C_s =$ Koefisien skewness/koefisien kemencengan

$n =$ jumlah data hujan

Berikut merupakan tabel dari karakteristik distribusi Log Pearson III (K_T).

Tabel 3.7 Karakteristik Distribusi Log Pearson III (K_T)

Koef. Kmencengan (C_s)	Periode Ulang (Tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3	-0.396	0.42	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2.5	-0.36	0.518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2.2	-0.33	0.574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2	-0.307	0.609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1.8	-0.282	0.643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1.6	-0.254	0.675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1.4	-0.225	0.705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1.2	-0.195	0.732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1	-0.164	0.758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0.9	-0.148	0.769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0.8	-0.132	0.78	1,336	1,993	2,453	2,891	3,312	4,250
0.7	-0.116	0.79	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0.6	-0.099	0.8	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0.5	-0.083	0.808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0.4	-0.066	0.816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0.3	-0.05	0.824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0.2	-0.033	0.83	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0.1	-0.017	0.836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0	0	0.842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,090
-0.1	0.017	0.836	1,270	1,761	2,000	2,252	2,482	3,950
-0.2	0.033	0.85	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0.3	0.05	0.853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675
-0.4	0.066	0.855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,540

-0.5	0.083	0.856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0.6	0.099	0.857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0.7	0.116	0.857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0.8	0.132	0.856	1,166	1,488	1,606	1,733	1,837	2,035
-0.9	0.148	0.854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1	0.164	0.852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
-1.2	0.195	0.844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1.4	0.225	0.832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465
-1.6	0.254	0.817	0,994	1,116	1,166	1,200	1,216	1,280
-1.8	0.282	0.799	0,945	0,035	1,069	1,089	1,097	1,130
-2	0.307	0.777	0,895	0,959	0,98	0,99	1,995	1,000
-2.2	0.33	0.752	0,844	0,888	0,9	0,905	1,907	0,91
-2.5	0.36	0.711	0,771	0,793	0,798	0,799	1,800	0,802
-3	0.396	0.636	0,66	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

(Sumber : C.C. Soemarto, 1999)

3.5 Persamaan Kontinuitas

Sistem operasi penyaluran pada tangki memerlukan adanya kajian untuk mengetahui berapa besarnya debit masuk (*inflow*) dan debit keluar (*outflow*) serta debit maksimum yang terbangun lewat pelimpah pada saat muka air tangki melebihi normal atau saat banjir. Hidrograf *outflow* suatu tangki dapat dicari berdasarkan hidrograf *inflow* dengan metode *hidrologic routing* seperti berikut (Susilowati & Hastiningrum, 2005).

$$\frac{ds}{dt} = I - O \quad (3.9)$$

Dimana :

I = debit yang masuk pada waduk (m³ / dt)

O = debit yang keluar melalui pelimpah (m³/dt)

ds = besarnya tampungan / storage (m³)

dt = periode penelusuran (dt)

3.6 Rain Water Harvesting System

Pemanenan Air Hujan (PAH) merupakan teknik pengumpulan dan penampungan air hujan ke dalam tangki atau waduk. Air hujan dialirkan melalui pipa penghubung yang dipasang di atap-atap rumah menuju tempat penampungan di bawahnya (Nurrohman, Paksi, Sangkawati, & Sugiyanto, 2015). Volume tangki atau kolam penampungan air hujan sangat penting untuk diperhitungkan dalam perencanaan

pemanenan air hujan. Volume tangki atau kolam ini ditentukan oleh angka *supply* dan *demand* dari penggunaan air di masyarakat sehari-hari (Ayatri, Fajar, & Zurfi, 2021). Dalam memperhitungkan pemanenan air hujan digunakan persamaan-persamaan berikut ini:

a. Perhitungan *Supply* Air Hujan

Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui banyaknya air hujan yang dapat ditampung, persamaannya sebagai berikut:

$$S = A \times M \times F \quad (3.10)$$

dimana:

S = Supply air hujan yang dapat ditampung (m³)

A = Luas area tangkapan air hujan/luas atap rumah penduduk (m²)

F = Koefisien *runoff*

Koefisien *runoff* adalah jumlah dari curah hujan yang dapat mengalir setelah mengalami penguapan. Nilai koefisien *runoff* dapat dipengaruhi oleh bentuk permukaan dari suatu atap. Biasanya banyaknya air hujan diasumsikan dapat ditampung 80% atau 0,8 (Ramadhayanti & Helda, 2021) untuk atap dengan permukaan miring, sedangkan atap dengan permukaan datar diasumsikan memiliki koefisien *runoff* sebesar 50 % atau 0,5 (Sutejo, et al., 2020)

b. Perhitungan Kebutuhan Air (*Demand*)

Kebutuhan air hujan merupakan volume air yang akan digunakan oleh penduduk untuk kebutuhan sehari-hari selama 1 bulan. Untuk menghitung kebutuhan air dapat menggunakan persamaan:

$$B = D \times P \times t \quad (3.11)$$

dimana:

B = Total kebutuhan air dalam satu bulan (m³)

D = Kebutuhan air satu orang dalam satu hari (m³)

P = Jumlah pengguna (jiwa)

t = Jumlah hari dalam satu bulan

3.7 Stormwater Infiltration Tank

Infiltrasi adalah suatu proses masuknya air hujan ke dalam tanah sebagai akibat dari adanya gaya kapiler sekaligus gaya gravitasi supaya air dapat masuk ke tanah yang

lebih dalam (KBBI, 2021). Infiltrasi ini juga dapat disebut juga sebagai cara air bergerak ke dalam tanah melalui celah-celah dan pori-pori tanah serta batuan menuju muka air tanah. Laju infiltrasi biasanya akan dinyatakan dalam satuan yang sama dengan satuan pada intensitas curah hujan, yakni milimeter per jam (mm/jam). Infiltrasi ini terjadi karena beberapa faktor meliputi faktor-faktor yang mempengaruhi laju infiltrasi adalah tekstur tanah, kerapatan massa (*bulk density*, permeabilitas, kadar air tanah) dan vegetasi.

Terdapat beberapa teori infiltrasi yang digunakan dalam permodelan hidrologi. Berikut macam-macam teori infiltrasi hidrologi.

a. Teori *Horton*

Horton mengakui bahwa kapasitas infiltrasi berkurang seiring dengan bertambahnya waktu hingga mendekati nilai yang konstant. *Horton* mengamati bahwa laju infiltrasi dimulai dari f_0 dan berkurang secara eksponensial menjadi f_c . Pada dasarnya model *Horton* ini hanya berlaku bila I intensitas hujan $\geq f_t$ laju infiltrasi sesaat (Soemarto C. D., 1995). Persamaan yang dihasilkan oleh model *Horton* adalah berdasarkan pendekatan hidrologi, yakni sebagai berikut.

$$f(t) = f_c + (f_0 - f_c) e^{-k} \quad (3.12)$$

Dimana :

$f(t)$ = laju infiltrasi nyata pada saat t (m/jam atau m/hari)

f_0 = laju infiltrasi awal (m/jam atau m/hari)

f_c = laju infiltrasi akhir setelah mencapai nilai tetap (m/jam atau m/hari)

k = konstanta geofisik (/jam atau/hari)

t = waktu sejak hujan turun (jam atau hari)

b. Teori Infiltrasi *Green-Ampt*

Laju infiltrasi menurut *Green-Ampt* (1911), merupakan fungsi dari parameter hidraulik tanah, yaitu; permeabilitas, *suction head*, dan kelembaban tanah. *Green* dan *Ampt* mengembangkan pendekatan Teori Fisik yang dapat diselesaikan dengan Penyelesaian Analitik Eksak (*Exact Analytical Solution*) untuk menentukan infiltrasi (Rohmat & Soekarno, 2006). Dalam pendekatan ini *Green - Ampt* mengemukakan istilah *Front* Pembasahan, yaitu suatu batas yang

kelas antara tanah yang mempunyai kelembaban tertentu (θ) di bawah dengan tanah jenuh (η) di atasnya. *Front* pembasahan ini terdapat pada kedalaman L yang dicapai pada waktu t dari permukaan (Rohmat & Soekarno, 2006). Berikut adalah Rumus Model *Green Ampt* :

$$F(t) = \psi \Delta \ln\left(1 + \frac{F(t)}{\psi \Delta \theta}\right) + Kt \quad (3.13)$$

Dimana :

F (t) = infiltrasi kumulatif

ψ = suction head

$\Delta\theta$ = selisih antara porositas (η) dengan kandungan air awal (θ)

K = permeabilitas tanah

Untuk menghitung laju infiltrasi dapat menggunakan rumus (Soenarmo, Sadisun, & Saptohartono, 2008) :

$$f = Ks \left[1 + \frac{\psi f \cdot \Delta\theta i}{FF} \right] = \frac{dF}{dT} \quad (3.14)$$

Dimana :

f = laju infiltrasi (mm/jam)

FF = kedalaman infiltrasi total (m)

Ks = konduktivitas hidrolik jenuh tanah (mm/jam)

ψf = parameter penyerapan batas pembasahan tanah *green-ampt* (mm)

$\Delta\theta i$ = beda air tanah (mm³)

c. Teori Infiltrasi *Richard*

Persamaan *Richards* merupakan pengembangan dari Hukum *Darcy* yang merepresentasikan perpindahan air dalam media berpori tidak jenuh. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut.

$$\frac{\partial\theta}{\partial T} = \frac{\partial}{\partial X} \left(K(\theta) \frac{\partial\psi}{\partial X} \right) + \frac{\partial}{\partial Z} \left(K(\theta) \frac{\partial\psi}{\partial Z} - \frac{\partial K(\theta)}{\partial Z} \right) \quad (3.15)$$

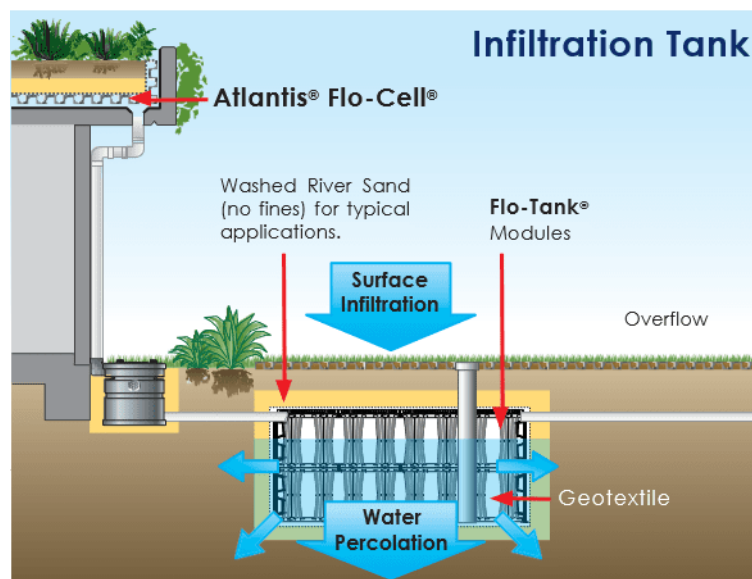
Dimana :

$K(\theta)$ = hydraulic conductivity yang berdimensi L/T

ψ = suction potensial yang berdimensi Z

Stormwater infiltration tank adalah sebuah tanki yang cocok untuk digunakan sebagai infiltrasi air hujan untuk mengurangi debit yang melimpas pada saluran drainase akibat adanya air hujan.

Stormwater Infiltration Tank merupakan tanki yang ramah lingkungan karena berbahan dasar polypropylene (daur ulang) besar kecilnya akan dirakit menjadi unit unit tanki. *Stormwater Infiltration Tank* ini digunakan untuk mengurangi peluang terjadinya banjir karena fungsi sebagai penyimpanan air hujan (Freni, Mannina, & Viviani, 2009).



Gambar 3.1 *Stormwater Infiltration Tank*

(Sumber : <https://www.atlantiscorporation.com.au/infiltration-tanks>)

Desain *Stormwater Infiltration Tank* ini menggunakan sigma tank yang berupa modular-modular berbentuk persegi empat yang pemukaannya divariasikan terdapat lubang-lubang, berbahan dasar *polypropylene* (daur ulang), dapat disusun secara vertikal dan horizontal dengan spesifikasi dimensi tertentu. Bahan penyusun sigma Tank adalah terbuat dari bahan plastik atau *polypropylene* yang memiliki nilai γ sebesar 0.91-0.925, 0.25-0.940 serta 1.3, 1.34-1.39 ton/m^3 dan lainnya serta berat sebesar 6,54 kgs/unit.

3.8 Hidrolika Saluran Tertutup

Pipa adalah saluran tertutup yang biasanya berpenampang lingkaran yang digunakan untuk mengalirkan fluida dengan tampang aliran penuh (Triatmojo,

1996). Fluida yang di alirkan melalui pipa bisa berupa zat cair atau gas dan tekanan bisa lebih besar atau lebih kecil dari tekanan atmosfer. Apabila zat cair di dalam pipa tidak penuh maka aliran termasuk dalam aliran saluran terbuka atau karena tekanan di dalam pipa sama dengan tekanan atmosfer (zat cair di dalam pipa tidak penuh), aliran termasuk dalam pengaliran terbuka. Karena mempunyai permukaan bebas, maka fluida yang dialirkan adalah zat cair. Perbedaan mendasar antara aliran pada saluran terbuka dan aliran pada pipa adalah adanya permukaan yang bebas yang (hampir selalu) berupa udara pada saluran terbuka (Robert & Sugiyanto, 2002). Kehilangan energi selama pengaliran melalui pipa diturunkan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$hf = \left(\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} \right) - \left(\frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} \right) \quad (3.16)$$

Karena $V_1 = V_2$, maka:

$$hf = \left(\frac{P_1}{\gamma} - \frac{P_2}{\gamma} \right) = \frac{\Delta P}{\gamma} \quad (3.17)$$

3.9 Perencanaan Dimensi Talang dan Perpipaan

Sistem penyaluran air hujan yang akan dirancang meliputi sistem perpipaan dari area tangkapan air hujan menuju tangki penampung air hujan yaitu *Rain Water Harvesting System* kemudian dialirkan kembali untuk kebutuhan non domestic flushing toilet dan penyiraman tanaman serta dialirkan menuju *Stormwater Infiltration Tank* (Nadia & Mardiyanto, 2016). Peraturan perpipaan mengenai ukuran saluran pembuangan air hujan gedung telah diatur dalam SNI-03-7065-2005, yang tercantum dalam tabel 3.8 dibawah ini:

Tabel 3.8 Beban maksimum yang diizinkan untuk talang atap (dalam m² Luas Atap)

Ukuran Pipa (mm)	Pipa Tegak Air Hujan	Pipa Datar Pembuangan Air Hujan			Talang Atap Datar Terbuka			
		Kemiringan			Kemiringan			
		1%	2%	4%	½%	1%	2%	4%
50	63							
65	120							
80	200	75	105	150	15	20	30	40
100	425	170	245	345	30	45	65	90
125	800	310	435	620	55	80	115	160
150	1290	490	700	990	85	125	175	250
200	2690	1065	1510	2135	180	260	365	520
250		1920	2710	3845	330	470	665	945
300		3090	4365	6185				
350		5525	7800	11055				

CATATAN: Tabel ini berdasarkan pada curah hujan 100 mm per jam. Bila curah hujan lebih besar, nilai luas pada tabel tersebut harus disesuaikan dengan cara mengalikan nilai tersebut dengan 10 dengan kelebihan curah hujan dalam mm perjam. Pipa tegak air hujan yang tidak berbentuk pipa (selinder), maka dapat berbentuk lain asalkan pipa tersebut dapat masuk kedalam penampang bentuk lain tersebut. Talang atap yang tidak berbentuk setengah lingkaran harus mempunyai penampang luas yang sama.

(Sumber : SNI-03-7065-2005)