

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Air bersih

Menurut Peraturan Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumberdaya Air Pasal 1 ayat 2, Air merupakan semua air yang terdapat pada, diatas ataupun dibawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini air permukaan, air tanah, air hujan dan air laut yang berada di darat. Sedangkan berdasarkan Peraturan Menteri RI Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990 [7] Tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air. Pasal 1b, dinyatakan bahwa yang dimaksud air bersih adalah air yang dapat digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak.

Untuk memenuhi kebutuhan air bagi masyarakat biasanya air bersih di ambil dari sumber-sumber yang berada di sekitar pemukiman baik dari alam, maupun melalui proses pengolahan terlebih dahulu. Berdasarkan Sugiharto (1983) [8] sumber air dibedakan menjadi tiga sumber, diantaranya:

1. Air angkasa atau air hujan dan dalam wujud lain dapat berupa salju;
2. Air permukaan, dapat berupa air sungai, air danau, dan air laut;
3. Air tanah, air yang terbentuk dari sebagian air hujan yang jatuh ke permukaan tanah dan meresap kedalam pori-pori/celah-celah tanah dan akar tanaman kemudian bertahan pada lapisan tanah dan membentuk lapisan yang mengandung air tanah (*aquifer*).

2.2. Kualitas Air Bersih

Persyaratan air yang sesuai dengan baku mutu secara fisik dapat dianalisis secara langsung dengan indra manusia. Contoh nya untuk warna air dapat dilihat dengan mata, air yang berbau tercium oleh hidung, dan air yang berasa dapat dirasakan dengan lidah. Apabila air memiliki bau yang berbeda maka rasa air pun akan berbeda, atau bila air berwarna hijau maka aroma dan rasa nya pun dapat berbeda. Cara tersebut dapat digunakan untuk menganalisis kondisi air secara fisik dengan sederhana karena sifat-sifat air yang saling berkaitan [9].

Di Indonesia persyaratan kualitas air bersih mengacu pada Peraturan Menteri RI Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990 [7] Tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air. Syarat kualitas air bersih dapat dilihat pada **LAMPIRAN 1**.

2.3.Kebutuhan Air Bersih

2.3.1.Proyeksi Jumlah Penduduk

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18 Tahun 2007 [10] tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum dalam menghitung proyeksi penduduk untuk penyelenggaraan air bersih metode pendekatan yang digunakan diantaranya metode aritmatik, *least square*, dan geometrik.

1. Metode Aritmatik

Dalam perhitungan proyeksi penduduk dengan metode aritmatik laju pertumbuhan penduduk diasumsikan bertambah secara konstan. Dalam proyeksi pertumbuhan penduduk dengan metode aritmatika dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_n = P_0 (1+rt) \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

P_n = jumlah penduduk pada tahun ke-n

P_0 = jumlah penduduk awal

$$r = \frac{1}{t} \left(\frac{P_2}{P} - 1 \right)$$

r = angka pertumbuhan penduduk pertahun

P_2 = jumlah penduduk tahun akhir

t = periode waktu antara tahun t dan tahun dasar

2. Metode *Least Square*

Dalam perhitungan proyeksi penduduk dengan metode *Least Square* adalah dengan menarik garis lurus (linear) pada seluruh data dari pertumbuhan jumlah penduduk. Dalam proyeksi pertumbuhan penduduk dengan metode *least square* persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Y = a + bX \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

Y = jumlah penduduk pada tahun ke-n

X = *variable independent* (selisih tahun proyeksi)

a = konstanta

b = koefisien arah regresi *linier*

Untuk mendapatkan nilai a dan b dapat digunakan rumus:

$$a = \frac{[\sum y \sum x^2] - (\sum x)(\sum xy)}{n[\sum x^2 - (\sum x)^2]}$$

$$b = \frac{[n\sum xy] - (\sum x)(\sum y)}{n[\sum x^2 - (\sum x)^2]}$$

dimana :

n = jumlah data

3. Metode Geometrik

Metode geometrik memiliki asumsi bahwa perkembangan penduduk meningkat secara geometri. Metode geometri dihitung dengan persamaan berikut:

$$P_n = P_t (1+r)^x \dots \dots \dots (2.3)$$

Dengan,

$$r = \left(\frac{P_t}{P_0} \right)^{\frac{1}{t}}$$

dimana:

P_n = jumlah penduduk pada tahun ke-n

P₀ = jumlah penduduk awal

P_t = jumlah penduduk pada tahun terakhir
 r = angka pertumbuhan penduduk per tahun
 t = selisih tahun
 x = kurun waktu proyeksi

Dalam penentuan metode proyeksi terpilih dilakukan dengan melihat koefisien korelasi yang mendekati 1. Dimana rentan analisis dapat dilihat pada nilai koefisien korelasi dengan rentang 0-1. Dalam perhitungan Koefisien korelasi dapat digunakan persamaan berikut:

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\{n[(\sum y^2) - (\sum y)^2][n(\sum x^2) - (\sum x)^2]\}^{0.5}} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

n = jumlah data
 y pada aritmatika = jumlah pertumbuhan penduduk
 y pada *least square* = jumlah penduduk
 y geometri = ln dari jumlah penduduk

Dalam menentukan metode perhitungan terpilih dihitung dengan menggunakan persamaan standar deviasi sebagai berikut:

$$S = \frac{\sum (X_i - X)^2}{n} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana:

S = standar deviasi
 X_i = jumlah penduduk
 X = rata-rata jumlah penduduk
 n = jumlah data

Untuk dapat memilih jenis metode yang terbaik digunakan dalam perhitungan proyeksi penduduk adalah didasari dengan melihat nilai standar deviasi terkecil.

2.3.2. Kebutuhan Air Domestik

Kegiatan sehari-hari seperti minum, menyiram tanaman, masak, mencuci, mandi, dan sebagainya digunakan sebagai pemenuhan kebutuhan rumah tangga sehari-hari yaitu sebagai air domestik [11]. Kebutuhan air untuk kegiatan domestik yang dirinci pada masing-masing kegiatan rumah tangga dapat dilihat pada **Tabel 2.1**

Tabel 2.1 Keperluan air [12]

Keperluan	Air yang dipakai (l/orang/hari)
Minum	2,0
Memasak	1,45
Mandi, kakus	20,0
Cuci pakaian	12,0
Air wudhu	15,0
Kebersihan rumah	32,0
Menyiram tanaman	11,0
Mencuci kendaraan	22,5
Keperluan lain-lain	20,0
jumlah	150,0

Kebutuhan air domestik dihitung dengan persamaan:

$$\text{Kebutuhan air domestik} = \text{kebutuhan air} \times \text{jumlah penduduk} \dots \dots \dots (2.6)$$

2.3.3. Kebutuhan Air Non Domestik

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18 Tahun 2007 [10] tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum air non domestik adalah air yang digunakan untuk aktivitas penunjang di permukiman selain untuk kebutuhan domestik. Menurut Ditjen Cipta Karya DPU, tentang pengembangan air minum (2007), kebutuhan fasilitas umum (pendidikan, kantor pemerintah, dsb) dengan kriteria pemakaian air sebesar 10% - 15% dari kebutuhan domestik. Kriteria dan standar kebutuhan air non domestik dapat dilihat pada **Tabel 2.2.**

Tabel 2.2 Kebutuhan air non domestik untuk kategori V (Desa) [13]

Sektor	Nilai	Satuan
Sekolah	5	Liter/murid/hari
Rumah Sakit	200	Liter/bed/hari
Puskesmas	1200	Liter/unit/hari
Masjid	3000	Liter/unit/hari
Mushola	2000	Liter/unit/hari
Pasar	12000	Liter/hektar/hari
Komersial/Industri	10	Liter/hari

Nilai kebutuhan air non domestik dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{Kebutuhan air non domestik} = n \times \text{kapasitas} \times \text{standar kebutuhan air} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana:

n = jumlah unit

2.3.4. Fluktuasi Penggunaan Air

Menurut Ardiansyah (2012) [14] fluktuasi penggunaan air terdiri :

1. Kebutuhan air harian rata-rata:

Kehilangan air termasuk diperlukan dalam menghitung kebutuhan air harian rata-rata. Nilainya didasarkan pada kebutuhan air rata-rata perorang selama pemakaian 24 jam. Untuk kategoikota kecil, sedang dan besar persentase kehilangan air adalah 20% - 30% [14]. Untuk menghitung kebutuhan rata-rata harian menggunakan rumus:

$$Q_r = \frac{100}{(100 - (\text{kehilangan air}))} \times (Q_{dom} + Q_{nd}) \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana:

Q_r = kebutuhan air rata-rata per hari (m^3 /detik)

Kehilangan air = 20% sampai 30%

Q_{dom} = kebutuhan air total domestik (m^3 /detik)

Q_{nd} = kebutuhan air total non domestik (m^3 /detik)

2. Kebutuhan air harian maksimum

Kebutuhan air harian maksimum didefinisikan sebagai pemakaian air tertinggi setiap tahunnya pada hari-hari tertentu, besarnya 1,15 kali kebutuhan harian rata-rata [14]. Nilai kebutuhan air harian maksimum dapat dihitung dengan rumus:

$$Q_m = Q_r \times f_m \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana:

Q_m = kebutuhan air harian maksimum ($m^3/detik$)

Q_r = kebutuhan air harian rata-rata ($m^3/detik$)

f_m = faktor harian maksimum

3. Kebutuhan air di jam puncak

Kebutuhan air jam puncak diartikan sebagai pemakaian air tertinggi pada jam tertentu perharinya [14]. Berdasarkan Ditjen Cipta Karya DPU (2007), besarnya 1,5 – 1,7 kali kebutuhan air harian rata-rata. Untuk mendapatkan nilai kebutuhan air di jam puncak dapat menggunakan persamaan berikut:

$$Q_p = Q_r \times f_p \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana:

Q_p = kebutuhan air di jam puncak ($m^3/detik$)

Q_r = kebutuhan air harian rata-rata ($m^3/detik$)

f_p = faktor jam puncak

2.4. Air Hujan

Menurut Achmad (2011) [15] hujan adalah jatuhnya partikel tertentu dari langit ke permukaan tanah dan/atau laut dalam bentuk air, es atau dalam bentuk lain. Di wilayah yang memiliki iklim tropis (seperti di Indonesia) hujan yang turun umumnya berbentuk air dan dapat sesekali berbentuk es pada keadaan ekstrim, sedangkan pada daerah subtropis dan kutub hujan dapat turun dalam bentuk air maupun salju/es.

Distribusi curah hujan terjadi dalam intensitas yang berbeda-beda. Terdapat penggolongan dalam distribusi curah hujan dengan spektrum curah hujan, yaitu diantaranya [16]:

- a. Hujan kecil dengan intensitas 75% (0-20 mm)
- b. Hujan besar dengan intensitas 20% (21-51 mm)
- c. Hujan sangat besar (ekstrim) dengan intensitas 5% (>50 mm)

Pada dasarnya air hujan merupakan sumber daya alam yang dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari-hari secara gratis, namun sampai saat ini masih belum ada masyarakat yang memanfaatkan air hujan secara optimal dan bahkan kebanyakan dibiarkan mengalir ke saluran drainase hingga menuju sungai dan berakhir ke laut. Air hujan dapat dimanfaatkan sebagai tambahan untuk penyediaan air bersih di masyarakat dengan pengolahan dan pengelolaan yang baik. Air hujan dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan air manusia dalam hal mandi, mencuci, dan juga sebagai air minum [17].

2.5. Pemanenan Air Hujan

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 11/PRT/M/2014 [18] tentang Pengelolaan Air Hujan Pada Bangunan Gedung Dan Persilnya. Air Hujan adalah bagian dari air di alam yang berasal dari partikel air di angkasa dan jatuh ke bumi. Sedangkan Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2009 Tentang Pemanfaatan Air Hujan, pemanenan air hujan adalah serangkaian kegiatan mengumpulkan, menggunakan dan/atau meresapkan air hujan ke dalam tanah.

Pemanenan Air Hujan (PAH) atau *Rainwater Harvesting* merupakan teknologi pengumpulan dan penyimpanan air hujan dari atap, permukaan jalan, permukaan tanah atau daerah tangkapan batu dengan teknik sederhana seperti penggunaan pot, tangki dan waduk serta teknik yang lain seperti bendungan bawah tanah. Air hujan dapat menjadi alternatif sumber air untuk wilayah yang masih belum memiliki akses terhadap air bersih, kualitas air permukaan yang dibawah baku mutu dan kurangnya ketersediaan air tanah [19].

UNEP (2001) Menjelaskan bahwa penggunaan air hujan sebagai salah satu alternatif sumber air bersih memiliki banyak keuntungan, diantaranya:

- a. Meminimalisir masalah lingkungan: penggunaan instrumen yang tersedia (seperti: atap bangunan, taman, jalan, tempat parkir, dan sebagainya) dapat

mencegah dampak lingkungan. Air hujan yang diresapkan kedalam tanah dapat meminimalisir potensi banjir di jalanan maupun perkotaan;

- b. Kualitas baik: air hujan memiliki kualitas yang lebih baik erta memenuhi persyaratan baku mutu untuk penggunaan air domestik dengan atau tanpa pengolahan lebih lanjut;
- c. Kondisi darurat: air hujan dapat menjadi cadangan air pada kondisi-kondisi tertentu seperti kondisi darurat, sistem penyediaan air bersih bermaslaah, dan juga pada kondisi bencana alam. Air hujan dapat diperoleh tanpa memerlukan sistem pendistribusian air sehingga sesuai dengan kondisi darurat;
- d. Sebagai cadangan air bersih: air hujan yang dipanen dapat mengurangi penggunaan sistem penyediaan air bersih;
- e. Pemanenan air hujan dapat digunakan sebagai konservasi; dan
- f. Teknologi yang mudah dan fleksibel dengan kebutuhan dimana pembangunan, operasional, serta perawatan dari *rainwater harvesting* dapat dilakukan oleh siapapun dengan material yang mudah ditemukan.

Saat ini ada dua metode yang dapat dilakukan dalam pemanenan air hujan atau *rainwater harvesting* yaitu *system rainwater harvesting* dengan pemanenan air yang kemudian disimpan kedalam tampungan dan juga *system rainwater harvesting and recharge* dimana sistem pemanenan air hujan ini memungkinkan air dikembalikan kembali ke lingkungan.

2.6.Kualitas Air Hujan

Air hujan memiliki tingkat kesadahan yang sangat rendah yaitu nol sehingga tidak membutuhkan proses yang panjang pada pengolahannya [20]. Pada dasarnya air hujan terbebas kontaminan dari emisi industri, mikroorganisme, bahan berbahaya lain dan logam berat yang biasa ada pada air permukaan dan air tanah, namun pada kawasan perkotaan air hujan dapat terkontaminasi oleh *atmospheric pollution*. Air hujan dapat terkontaminasi mikroorganisme pada atap bangunan, tempat penampungan, dan prasarana lainnya [21].

Berdasarkan pemantauan kualitas air hujan oleh Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dalam buku Maryono (2016) parameter yang diuji meliputi: tingkat keasaman (pH), Magnesium (Mg), daya hantar listrik (*conductivity*), Kalsium (Ca), Ammonium (NH₄), Natrium (Na) dan Kalium (K), sulfat (SO₄), Nitrat (NO₃), dan Klorida (Cl).

Nilai pH normal berdasarkan standar internasional untuk air hujan adalah 5,6, sedangkan pH standar air minum di Indonesia menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No.416/Men.Kes/Per/IX/1990 adalah 6,5-9,0. Berdasarkan pemantauan pH air hujan pada Januari 2005 menunjukkan hampir semua daerah di Indonesia memiliki air hujan dengan pH kurang dari 5,6. Sama halnya dengan hasil penelitian di Amerika dan Kanada, pH air hujan normal pada wilayah tersebut adalah 5,0 [22]. Berikut **Tabel 2.3** merupakan penelitian yang dilakukan oleh MTS FT UGM, Sleman, Yogyakarta terhadap kualitas air hujan di Yogyakarta:

Tabel 2.3 Hasil uji laboratorium fisika/kimia air hujan di Yogyakarta [22]

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Peraturan Menteri RI Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990
A. Fisika				
1	Bau	-	Tidak Berbau	Tak Berbau
2	Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/l	15	1.500
3	Kekeruhan*	NTU	2	25
4	Rasa	-	Tak Berasa	Tak Berasa
5	Suhu*	°C	-	Suhu Udara
6	Warna	TCU	Tak Berwarna	50
B. Kimia				
1	Air Raksa (Hg)	mg/l	-	0,001
2	Arsen (As)	mg/l	-	0,05
3	Besi (Fe)	mg/l	<0,021	1
4	Detergen	mg/l	Tak Terdeteksi	0,5
5	Flourida (F)	mg/l	<0,030	1,5
6	Kadmium (Cd)	mg/l	-	0,05
7	Kesadahan Sbg Caco*	mg/l	2	500
8	Klorida (Cl)*	mg/l	<0,6	600
9	Kromium (Cr)*	mg/l	-	0,05
10	Mangan (Mn)*	mg/l	<0,005	0,5
11	Natrium (Na)*	mg/l	3	200
12	Nitrat (NO ₃ -N)*	mg/l	0,13	1

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Peraturan Menteri RI Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990
13	Nitrit (NO ₂ -N)*	mg/l	0,0046	1
14	Perak (Ag)*	mg/l	-	0,05
15	Ph*	mg/l	7,4	6,5-9,0
16	Seng (Zn)	mg/l	-	15
17	Sianida (Zn)*	mg/l	-	0,1
18	Sulfat (SO ₄)*	mg/l	2	400
19	Timbal (Pb)*	mg/l	-	0,05
20	Organik (KmnO ₄)	mg/l	4,15	10
21	Selenium (Se)	mg/l	-	0,01

Berdasarkan **Tabel 2.4** Tersebut maka dapat disimpulkan bahwa sifat fisika dan kimia memenuhi syarat dari air bersih menurut Peraturan Menteri RI Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990.

2.7.Sistem Pemanenan Air Hujan

2.7.1. Komponen Sistem Pemanenan Air Hujan

Menurut Abdulla dan Al Shareef (2009) [23] komponen sistem pemanenan air hujan terdiri dari beberapa sistem diantaranya: area penangkapan air hujan (*collection area*), sistem pengaliran air hujan, filter, tangki penampungan, atau reservoir, saluran pembuangan dan juga pompa.

1. Area penangkapan air hujan (*collection area*)

Dalam Permen LH (2010) penentuan tempat penangkap air hujan sangat mempengaruhi kuantitas dan kualitas dari air hujan yang akan di tampung, faktor pemasukan, kotoran, dan daun. Umumnya pemanenan air hujan dilakukan dengan memanfaatkan atap bangunan, lapangan terbuka, jalan dan saluran. Bahan-bahan yang terdapat pada permukaan tempat penangkap air hujan dapat berpengaruh terhadap kualitas air hujan yang di tampung sehingga tidak boleh beracun ataupun mengandung bahan yang merusak kualitas air hujan.

2. Sistem pengaliran air hujan (*conveyance system*)

Dalam Permen LH (2010) Sistem pengaliran air hujan terdiri dari saluran pengumpul atau pipa yang dapat mengalirkan air dari atap hingga turun ke bak/tangki penyimpanan. Untuk mendapatkan kuantitas air hujan yang ditampung

maksimal harus mempertimbangkan ukuran dan kemiringan dan dipasang sedemikian rupa, sehingga diperlukan perencanaan [19].

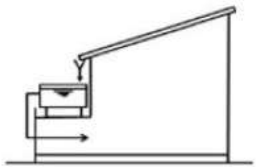
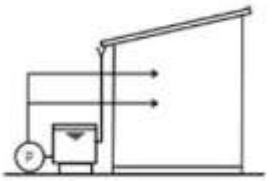
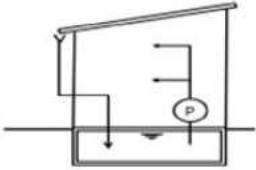
3. Filter

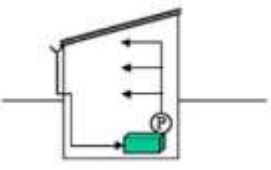
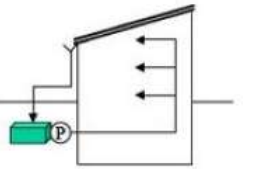
Pada atap bangunan biasanya ada kontaminan seperti tanah, dedaunan, pasir, dan sebagainya yang dapat tercampur dengan air hujan. Untuk menimalisir kontaminan yang masuk maka diperlukan penyaringan untuk menjaga kualitas air hujan. Pemasangan filter atau *mesh screen* biasa digunakan dalam penyaringan air. Ukuran *mesh screen* pada umumnya adalah kisaran 1-5 mm (kementerian lingkungan hidup, 2010).

4. Tangki alami (kolam atau dam) dan tangki buatan

Air hujan biasanya ditampung pada tangki penampungan alami seperti kolam atau dam, dan dapat juga melalui tangki buatan seperti tong atau bak. Pada umumnya bahan yang digunakan pada bak penampungan air hujan *outdoor* adalah beton atau plastik, dan untuk *indoor* menggunakan bak penampungan bahan plastik. Bak penampung baiknya dijauhkan dari suhu yang tinggi atau rendah dan juga dari cahaya langsung untuk menjaga kualitas air hujan yang ditampung (Kementerian Lingkungan Hidup, 2010).

Tabel 2.4 Jenis tempat penampungan [24]

Posisi	Sketsa	Keterangan
Di atas bangunan		<ul style="list-style-type: none"> - Gampang memonitor - Tidak perlu pompa - Perlu diperhitungkan berat
Di atas tanah		<ul style="list-style-type: none"> - Gampang memonitor - Perlu pompa
Di bawah tanah (seluruh)		<ul style="list-style-type: none"> - Cocok untuk bangunan besar sedang direncanakan - Menggunakan struktur di bawah tanah

Posisi	Sketsa	Keterangan
Di bawah tanah (Sebagian)		- Gampang untuk mengaplikasikan di bangunan yang sudah ada
Di luar dari bangunan		- Bisa memanfaatkan ruangan (tidak mengganggu ruang Gudang) - Gampang untuk mengaplikasikan di bangunan yang sudah ada

5. *First flush device*

Air hujan yang mengalir pada menit-menit awal biasanya masih banyak tercapur dengan kontaminan dari tempat pengaliran, sehingga perlu dibuang untuk meminimalisir kontaminan yang terbawa oleh air hujan dan menjaga kualitas air hujan.

6. Pompa (*pump*)

Pompa dibutuhkan jika tangki penampungan berada di bawah tanah [25].

2.7.2. Prinsip Kerja Pemanenan Air Hujan

Prinsip kerja pemanenan air hujan pada umumnya dimulai dari menangkap air hujan yang jatuh pada tempat penangkapan, kemudian dialirkan ke pipa pengaliran yang sebelumnya terdapat filter atau *mesh screen* untuk memisahkan kontaminan seperti pasir, daun, sampah, tanah, dan sebagainya. Kemudian air hujan diolah dan disimpan pada tangka penyimpanan jika akan digunakan Kembali.

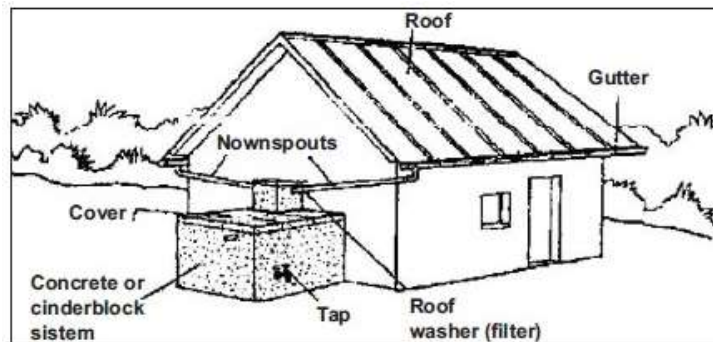
Ada dua prinsip kerja pemanenan air hujan yaitu diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Sistem permukaan tanah (*land surface catchment areas*)

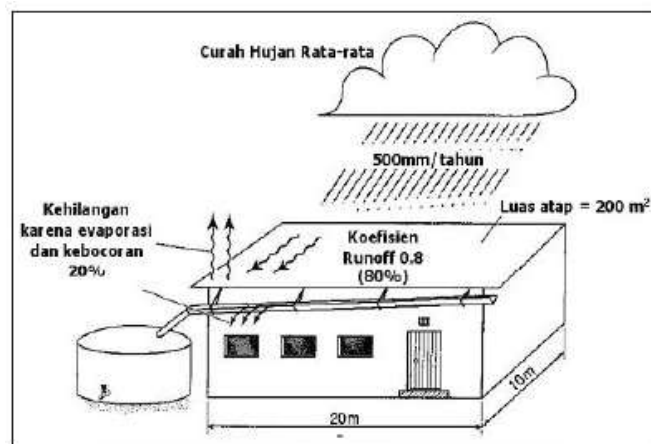
Sistem pemanenan air hujan melalui sistem permukaan dapat menghasilkan tangkapan air yang banyak karena area penamkapannya yang luas. Penggunaan air hujan dari sistem permukaan biasa digunakan untuk kebutuhan pertanian karena kualitas air hujan yang dihasilkan tergolong rendah. Pemanenan air hujan dengan sistem permukaan dapat ditampung pada embung atau danau buatan.

2. Sistem atap (*roof system*)

Pemanenan air hujan dengan sistem atap sering digunakan secara individual karena volume air hujan yang didapat tinggi, namun kuantitas air yang akan terkumpul tidak terlalu signifikan. Konsep pemanenan air hujan melalui atap bangunan (*roof top rain water harvesting*) adalah dengan memanfaatkan infrastruktur yang tersedia yaitu atap bangunan (rumah, perkantoran, gedung, atau industri) untuk area tangkipnya (*catchment area*), selanjutnya air hujan yang tertangkap ditampung dalam tangki atau reservoir penampung air hujan [26].



Gambar 2.1 Skema Pemanenan Air Hujan Dengan Sistem Atap Rumah [26]



Gambar 2.2 Ilustrasi Bangunan Penampungan Air Hujan Dengan Sistem Atap [26]

Perbedaan dari dua sistem tersebut adalah untuk sistem pemanenan air hujan dengan memanfaatkan atap bangunan dapat diimplementasikan secara individu pada bangunan rumah permukiman maupun perkotaan. Sedangkan pada sistem permukaan tanah implementasinya dapat mencakup skala yang lebih luas yaitu dalam suatu lahan pertanian atau wilayah [26].

2.8 Analisis Hidrologi

Dalam ilmu statistik analisis distribusi curah hujan yang paling sering digunakan pada perhitungan analisis hidrologi adalah distribusi normal, log normal, gumbel, dan Log Pearson Tipe-III. Berikut ini adalah distribusi-distribusi untuk menghitung analisis hidrologi, yaitu:

1. Distribusi Normal

Dalam menghitung curah hujan rencana dengan distribusi normal dapat digunakan persamaan berikut [27]:

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S \dots \dots \dots (2.11)$$

$$K_T = \frac{X_T - \bar{X}}{S} \dots \dots \dots (2.12)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{1-n} \sum (X_1 - \bar{X})^2} \dots \dots \dots (2.13)$$

Dimana:

X_T = curah hujan rencana (mm/hari)

\bar{X} = curah hujan rata-rata hasil pengamatan (mm/hari)

X_1 = curah hujan maksimum (mm/hari)

n = lama pengamatan

S = standar deviasi

K_T = faktor frekuensi

Nilai K_T biasanya sudah tersedia dalam tabel nilai variabel reduksi Gauss (*variable reduced Gauss*) seperti pada **Tabel 2.5**.

Tabel 2.5 Nilai *Variable Reduced Gauss* [27]

No	Periode Ulang, T (Tahun)	Peluang	K_T
1	1,001	0,999	-3,05
2	1,005	0,995	-2,58
3	1,010	0,990	-2,33
4	1,050	0,950	-1,64
5	1,110	0,900	-1,28

No	Periode Ulang, T (Tahun)	Peluang	K _T
6	1.250	0,800	-0,84
7	1.330	0,750	-0,67
8	1,430	0,700	-0,52
9	1,670	0,600	-0,25
10	2,000	0,500	0
11	2,500	0,400	0,25
12	3,330	0,300	0,52
13	4,000	0,250	0,67
14	5,000	0,200	0,84
15	10,000	0,100	1,28
16	20,000	0,050	1,64
17	50,000	0,020	2,05
18	100,000	0,010	2,33
19	200,000	0,005	2,58
20	500,000	0,002	2,88
21	1000,000	0,001	3,09

2. Distribusi Log Normal

Dalam menghitung curah hujan rencana dengan distribusi log normal dapat digunakan persamaan berikut:

$$Y_t = \bar{Y} + K_T \cdot S \dots \dots \dots (2.14)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (X_i - \bar{X})^2} \dots \dots \dots (2.15)$$

Dimana:

Y_t = nilai curah hujan pada periode ulang T tahun (mm/hari)

\bar{Y} = curah hujan rata-rata (mm/hari)

S_x = standar deviasi

K_T = standar variabel untuk periode ulang tahun

3. Distribusi Gumbel

Dalam menghitung curah hujan rencana dengan distribusi gumbel dapat digunakan persamaan berikut:

$$X_{Tr} = \bar{X} + \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n} \times S \dots\dots\dots(2.16)$$

$$Y_{Tr} = -\ln \left[\left(\frac{T_r}{T_r - 1} \right) \right] \dots\dots\dots(2.17)$$

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2}{n-1} \right] \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana:

X_{Tr} = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T tahun (mm/hari)

\bar{X} = curah hujan rata-rata hasil pengamatan (mm/hari)

S_x = standar deviasi

K = faktor frekuensi dari gumbel

Y_{Tr} = *reduced variable*, parameter gumbel untuk periode T tahun (**Tabel 2.8**)

Y_n = *reduced mean*, merupakan fungsi dari banyaknya data (n) (**Tabel 2.6**)

S_n = *reduced standard deviation*, merupakan fungsi dari banyak data (n) (**Tabel 2.7**)

X_i = curah hujan maksimum (mm)

n = lama pengamatan

Tabel 2.6 Reduced Mean (Y_n) [27]

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	0.5592	0.5595	0.5596	0.8898	0.5599
100	0.56									

Tabel 2.7 Reduce standar deviasi (Sn) [27]

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8ca	9
10	0.9496	0.9496	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	1.0915	1.0961	1.1004	1.1047	1.108
30	1.1124	1.1159	1.1193	1.226	1.1255	1.1285	1.1313	1.1339	1.1363	1.1388
40	1.413	1.1436	1.1458	1.148	1.1499	1.1519	1.1538	1.1557	1.2574	1.159
50	1.1607	1.1623	1.1638	1.1658	1.1667	1.1681	1.1696	1.1708	1.1721	1.1734
60	1.1747	1.1759	1.177	1.1782	1.1793	1.1803	1.1814	1.1824	1.1834	1.1844
70	1.1854	1.1863	1.1873	1.1881	1.189	1.898	1.1906	1.1915	1.1923	1.193
80	1.938	1.1945	1.953	1.1959	1.1967	1.1973	1.198	1.1987	1.1994	1.2001
90	1.2007	1.2013	1.2026	1.2032	1.2032	1.2044	1.2046	1.2055	1.2055	1.206
100	1.2065									

Tabel 2.8 Reduced Variate (Yt) [27]

Periode ulang	Reduced variate
2	3665
5	1.4999
10	2.2502
20	2.9606
25	3.1985
50	3.9019
100	4.6001
200	5.2960
500	6.2140
1000	6.9190
5000	8.5390
10000	9.9210

4. Distribusi Log Pearson Tipe-III

Menurut Soemarto (1995) [28]. Langkah-langkah perhitungan Distribusi Log Pearson Tipe-III adalah sebagai berikut:

- 1) Mengubah data curah hujan sebanyak n buah $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ menjadi $\log(X_1), \log(X_2), \log(X_3), \dots, \log(X_n)$
- 2) Menghitung harga rata-rata dengan rumus:

$$\log \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log(X_i)}{n} \dots \dots \dots (2.19)$$

Dimana:

$\log \bar{X}$ = harga rata-rata logaritma

X_i = nilai curah hujan

n = jumlah data

- 3) Menghitung logaritma hujan rencana dengan periode ulang T tahun dengan rumus:

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n \{ \log(X_i) - \log(\bar{X}) \}^2}{n-1} \right]^{1/2} \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana:

S = standar deviasi

- 4) Menghitung koefisien kemencengan dengan rumus:

$$G = \frac{\sum_{i=1}^n \{ \log(X_i) - \log(\bar{X}) \}^3}{(n-1)(n-2)S^3} \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana:

G = koefisien kemencengan

- 5) Menghitung logaritma hujan rencana dengan periode ulang T tahun dengan rumus:

$$\log X_T = \log \bar{X} + k.S \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana:

X_t = curah hujan rencana periode ulang T tahun

k = harga yang diperoleh berdasarkan nilai G (**Tabel 2.9**)

S = standar deviasi

Tabel 2.9 Faktor K untuk sebaran Log Pearson Tipe-III [29]

Kemencengan	Periode ulang (tahun)							
	1,0101	2	5	10	25	50	100	200
3	-0,667	-0,396	0,420	1,128	2,278	3,152	4,051	4,970
2,9	-0,690	-0,390	0,440	1,195	2,277	3,134	4,013	4,904
2,8	-0,714	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973	4,847
2,7	-0,740	-0,376	0,479	1,224	2,272	3,093	2,932	4,784
2,6	-0,769	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	3,889	4,718
2,5	-0,799	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652
2,4	-0,832	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,032	3,800	4,584

Kemencengan	Periode ulang (tahun)							
	1,0101	2	5	10	25	50	100	200
2,3	-0,867	-0,341	0,555	1,274	2,248	2,997	3,755	4,515
2,2	-0,905	-0,330	0,584	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444
2,1	-0,946	-0,319	0,592	1,294	2,230	2,942	3,656	4,372
2	-0,990	0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298
1,9	-1,037	-0,294	0,627	1,310	2,207	2,881	3,553	4,223
1,8	-1,087	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147
1,7	-2,240	-0,268	0,660	1,324	2,179	2,815	3,444	4,069
1,6	-1,197	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990
1,5	-1,256	-0,240	0,690	1,333	2,146	2,743	3,330	3,910
1,4	-1,318	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828
1,3	-1,383	-0,210	0,719	1,339	2,108	2,666	3,211	3,745
1,2	-1,449	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661
1,1	-1,518	-0,180	0,745	1,341	2,066	2,585	3,087	3,575
1	-1,588	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489
0,9	-1,660	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401
0,8	-1,733	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891	3,312
0,7	-1,806	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223
0,6	-1,880	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132
0,5	-1,955	0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041
0,4	-2,029	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949
0,3	-2,104	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856
0,2	-2,178	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763
0,1	-2,252	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670
0	-2,326	0,000	0,842	1,282	2,751	2,054	2,326	2,576
-0,1	-2,400	0,017	0,846	1,270	1,716	2,000	2,252	2,482
-0,2	-2,472	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388
-0,3	-2,544	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294
-0,4	-2,615	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201
-0,5	-2,686	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108
-0,6	-2,755	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016
-0,7	-2,824	0,116	0,857	1,183	1,488	1,673	1,806	1,926
-0,8	-2,891	0,132	0,856	1,166	1,488	1,606	1,733	1,837
-0,9	-2,957	0,148	0,845	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749
-1	-3,022	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664
-1,1	-3,087	0,180	0,848	1,107	1,324	1,435	1,518	1,581
-1,2	-3,149	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501
-1,3	-3,211	0,210	0,838	1,064	1,240	1,324	1,383	1,424
-1,4	-3,271	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351
-1,5	-3,330	0,240	0,825	1,018	1,157	1,217	1,256	1,282

Kemencengan	Periode ulang (tahun)							
	1,0101	2	5	10	25	50	100	200
-1,6	-3,880	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197	1,216
-1,7	-3,444	0,268	0,808	0,970	1,075	1,116	1,140	1,155
-1,8	-3,499	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087	1,097
-1,9	-3,553	0,294	0,788	0,920	0,996	1,023	1,037	1,044
-2	-3,605	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	0,995
-2,1	-3,656	0,319	0,765	0,869	0,923	0,939	0,946	0,949
-2,2	-3,705	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907
-2,3	-3,753	0,341	0,739	0,819	0,855	0,864	0,867	0,869
-2,4	-3,800	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832	0,833
-2,5	-3,845	0,360	0,711	0,711	0,793	0,798	0,799	0,800
-2,6	-3,899	0,368	0,696	0,747	0,674	0,768	0,769	0,769
-2,7	-3,932	0,376	0,681	0,724	0,738	0,740	0,740	0,741
-2,8	-3,973	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714	0,714
-2,9	-4,013	0,390	0,651	0,681	0,683	0,689	0,690	0,690
-3	-4,051	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667

Distribusi Log Pearson Tipe-III mempunyai koefisien kemencengan (*coefisien of skewness*) atau $C_s \neq 0$. Setelah pemilihan jenis sebaran dilakukan maka prosedur selanjutnya yaitu mencari curah hujan periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun.

2.9. Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan adalah nilai tinggi atau kedalaman air yang dihitung persatuan waktu. Nilai intensitas hujan di suatu tempat didapatkan dengan menggunakan alat penakar hujan yang mampu mencatat besarnya volume hujan dan waktu berlangsungnya hujan sampai hujan tersebut berhenti [30].

Untuk pembuatan rancangan dan rencana perhitungan volume debit (oleh curah hujan) dari daerah pengaliran yang kecil seperti perhitungan debit banjir, rencana peluap suatu bendungan, dan lain sebagainya adalah curah hujan jangka waktu yang pendek, bukan curah hujan jangka waktu panjang seperti curah hujan tahunan atau bulanan [31].

Untuk menghitung intensitas curah hujan digunakan beberapa rumus empiris dalam hidrologi diantaranya metode Talboth (1881) digunakan untuk hujan dengan durasi 5 menit sampai 2 jam, metode Sherman (1905) digunakan untuk hujan dengan durasi lebih dari 2 jam, metode Ishigiro (1953), dan metode Mononobe, metode ini

sering dipakai dalam perhitungan karena bisa digunakan untuk hujan sembarang berdasarkan percobaan di Jepang [32]. Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode Mononobe dengan rumus sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3}$$

Dimana :

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

t = lama curah hujan / durasi curah hujan (jam)

R₂₄ = curah hujan rencana dalam suatu periode ulang

2.10. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran (*run-off*) merupakan koefisien aliran permukaan yang dilambangkan dengan huruf C [33].

Nilai C dipengaruhi oleh laju infiltrasi tanah atau persentase lahan kedap air, tanaman penutup tanah, kemiringan medan, dan intensitas hujan. Selain itu derajat kepadatan tanah dan simpanan depresi juga mempengaruhi nilai C [27].

Nilai C untuk daerah pemukiman secara umum dapat dilihat pada **Tabel 2.13**

Tabel 2.10 Koefisien pengaliran (C) secara umum [34]

Tipe Daerah Aliran	Kondisi	Koefisien Pengaliran (C)
Rerumputan	Tanah pasir, datar, 2%	0,05 – 0,10
	Tanah pasir, rata-rata, 2 - 7%	0,10 – 0,15
	Tanah pasir, curam, 7%	0,15 – 0,20
	Tanah gemuk, datar, 2%	0,13 – 0,17
	Tanah gemuk, rata-rata, 2 - 7%	0,18 – 0,22
	Tanah gemuk, curam, 7%	0,25 – 0,35
Bisnis	Daerah kota lama	0,75 – 0,95
	Daerah pinggiran	0,50 – 0,70
Perumahan	Daerah “ <i>Single Family</i> ”	0,30 – 0,50
	“ <i>Multy Unit</i> ” terpisah-pisah	0,40 – 0,60
	Suburban	0,25 – 0,40
	Daerah rumah apartemen	0,50 – 0,70
Industri	Daerah ringan	0,50 – 0,80
	Daerah berat	0,60 – 0,90
Pertamanan, kuburan		0,10 – 0,25

Tipe Daerah Aliran	Kondisi	Koefisien Pengaliran (C)
Tempat bermain		0,20 – 0,35
Halaman kereta api		0,20 – 0,40
Jalan	Beraspal	0,70 – 0,95
	Beton	0,80 – 0,95
	Berbatu	0,70 – 0,85
Atap		0,70 – 0,95

2.11. Penelitian Terdahulu

Penelitian ini tidak lepas dari hasil-hasil penelitian terdahulu yang pernah dilakukan sebagai pembanding dan pengkajian. Penelitian terdahulu yang dijadikan pembanding tidak lepas dari topik penelitian yaitu potensi penyediaan air bersih berkelanjutan melalui pemanenan air hujan.

Tabel 2.11 Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Jenis	Tahun	Judul Penelitian	Kesimpulan Penelitian
1.	Cut Suciatina Silvia dan Meylis Safriani	Jurnal	2018	Analisis Potensi Pemanenan Air Hujan dengan Teknik <i>Rainwater Harvesting</i> Untuk Kebutuhan Domestik	Teknik pemanenan air hujan (Rainwater Harvesting) pada Kelurahan Gampong Leuhan sangat mencukupi dan mampu menjadi alternatif pemenuhan kebutuhan air bersih dilihat dari perbandingan antara jumlah total air yang dipanen yaitu sebesar 887.892 liter/hari sedangkan total menggunakan kebutuhan air harian masyarakat adalah sebesar 482.346,90 liter/hari.
2.	Joleha, Aras Mulyadi, Wawan, dan Imam Suprayogi	Jurnal	2019	Penilaian Kualitas Air Hujan di Wilayah Pesisir untuk Pasokan Air Bersih Rumah Tangga	Dari hasil penelitian sampel air hujan yang dilakuka pada wilayah pesisir di Provinsi Riau menunjukkan bahwa kualitas air hujan pada parameter tingkat keasaman berada pada kondisi normal, yaitu berada diantara 6,5 – 8. Sehingga tingkat keasaman air hujan masih berada di dalam baku mutu air bersih
3.	Indah Ameliana Beza, Yohanna Lilis H, dan Imam Suprayogi	Jurnal	2016	Kajian Pemanfaatan Air Hujan sebagai Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih di Pulau Kecil	Parameter curah hujan memberikan pengaruh terhadap hidrologi kuantitatif pemanenan air hujan. Dimana semakin tinggi curah hujan maka semakin tinggi pemenuhan kebutuhan airnya. Luas atap yang digunakan sebagai area tangkapan hujan berpengaruh terhadap dalam kapasitas air tampungan. Dimana semakin besar luas atap maka semakin besar pemenuhan kebutuhan airnya

Sumber: Penulis, 2021

Berdasarkan **Tabel 2.14** diatas menunjukkan bahwa penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian-penelitian lain dalam hal penggunaan air hujan dengan pemanenan air hujan sebagai pemenuhan kebutuhan air bersih. Penelitian-penelitian tersebut juga menunjukan bahwa pemanenan air hujan atau *rainwater harvesting* berpotensi sebagai alternatif dari pemenuhan kebutuhan air bersih masyarakat. Akan tetapi fokus pada penelitian ini adalah dengan studi wilayah yang terletak di Pulau Pasaran, Kelurahan Kota Karang, Kecamatan Teluk Betung Timur, Kota Bandarlampung dan memiliki perbedaan dalam hal tujuan, metode penelitian, dan hasil penelitian yang diinginkan.