

# **Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih Dengan Sistem *Rain Harvesting* Di Desa Pematang Duku Kecamatan Bengkalis Kabupaten Bengkalis**

**Muthia Ferdina<sup>1)</sup>, Bambang Sujatmoko<sup>2)</sup>, Manyuk Fauzi<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Mahasiswa Program Studi S1 Teknik Sipil, <sup>2)</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil

Laboratorium Hidroteknik Teknik Sipil Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. H.R. Soebrantas KM. 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email : [muthia.ferdina7042@student.unri.ac.id](mailto:muthia.ferdina7042@student.unri.ac.id)

## *ABSTRACT*

*Pematang Duku is one of village in Bengkalis Distric, Bengkalis Regency. It's difficult to find some clean water in this village, because has red brown color. The color of water will be sticky, if we use it for showerring and washing. When it rains, people collect the rain water with simple tool like bucket, but it can't fulfill their needs for long time. In order to fulfill their needs of clean water, we need to apply technology in rain harvesting in Pematang Duku Village Bengkalis Distric, Bengkalis Regency. The research uses behavior model method that using of Rain Cycle 2 software with data input consists of daily rainfall data in a year (mm/day), effective wide of the roof (m<sup>2</sup>) coefficient of drainage from the roof and data of water needs according to the number of families (m<sup>3</sup>/day). The main result is number determination of percentage of the water that can be harvested .*

**Keywords :** *Rain Harvesting Technology, Bengkalis, Rain Cylce 2 Software*

## **PENDAHULUAN**

Desa Pematang Duku adalah desa yang terdapat di Kecamatan Bengkalis Kabupaten Bengkalis, merupakan katagori desa karena jumlah penduduk di desa Pematang Duku kurang dari 2.500 jiwa. Di desa Pematang Duku terdapat permasalahan, dimana masyarakat sulit mendapatkan air bersih. Air bersih yang tersedia di desa ini adalah air tanah yang bewarna merah kecoklatan. Jika digunakan untuk mandi, maka akan terasa lengket di badan dan jika digunakan untuk mencuci maka warna merah kecoklatan akan lengket di kain. Di musim hujan, masyarakat menampung air dengan alat seadanya seperti ember dan candi. Namun hanya cukup untuk memenuhi kebutuhan dalam jangka waktu yang pendek.

Di beberapa negara telah diterapkan pemanfaatan pemanenan air hujan sebagai sumber air bersih, contohnya di

Korea Selatan, Jepang dan Singapura khususnya di Changi Airport. Pemanenan air hujan dengan cara mengumpulkan dan memanfaatkan air hujan dari atap, menyumbangkan 28% - 33% dari total air yang digunakan dan menghasilkan penghematan biaya sekitar \$ 390.000 per tahun. (Anonim, 2015)

Berdasarkan permasalahan di atas, maka pemanenan air hujan dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan krisis air di desa Pematang Duku. Hal yang sama juga dilakukan oleh Sutrisno (2016), yang mengembangkan sistem pemanenan air hujan untuk penyediaan air bersih di Selat Panjang Provinsi Riau. Selain itu penelitian tentang pemanenan air hujan sebagai alternatif untuk pemenuhan kebutuhan air bersih di daerah rawa di Provinsi Riau juga dilakukan oleh Imam Suprayogi (2014). Dengan adanya sistem pemanenan air hujan ini diharapkan dapat mengatasi permasalahan krisis air di desa

Pematang Duku Kec. Bengkalis Kab. Bengkalis.

### Presipitasi

Presipitasi adalah istilah umum untuk menyatakan uap air yang terkondensasi dan jatuh dari atmosfer ke bumi dalam segala bentuknya dalam rangkaian siklus hidrologi. Jika air yang jatuh berbentuk cair disebut air (*rainfall*) dan jika berubah padat disebut *snow*. Dalam bagian ini hanya akan dibahas tentang hujan.

Kejadian hujan dapat dipisahkan menjadi dua jenis, yaitu hujan aktual dan hujan rencana. Kejadian hujan aktual adalah rangkaian data pengukuran di stasiun hujan selama periode tertentu. Hujan rencana adalah *hyetography* hujan yang mempunyai karakteristik terpilih. Hujan rencana bukan kejadian hujan yang diukur secara aktual dan kenyataannya, hujan yang identik dengan hujan rencana tidak pernah dan tidak akan pernah terjadi. Namun demikian, kebanyakan hujan rencana mempunyai karakteristik yang secara umum sama dengan karakteristik hujan yang terjadi pada masa lalu. Dengan demikian, menggambarkan karakteristik umum kejadian hujan yang diharapkan terjadi pada masa mendatang.

- Intensitas (I) adalah laju hujan (tinggi air persatuan waktu), misalnya mm/menit, mm/jam, atau mm/hari.
- Lama waktu atau durasi (t), adalah panjang waktu turun dalam satuan menit atau jam.
- Tinggi hujan (d) adalah jumlah atau kedalaman hujan yang terjadi selama durasi hujan dan dinyatakan dalam ketebalan air di atas permukaan datar, dalam satuan mm.
- Frekuensi adalah frekuensi kejadian dan biasanya dinyatakan dalam kala ulang / *return period* (T,) misalnya sekali dalam 2 tahun.

- Luas adalah luas geografis daerah sebaran hujan.

Secara kualitatif, intensitas curah hujan disebut juga dengan derajat curah hujan, sebagaimana diperlihatkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Intensitas Curah Hujan

Derajat curah hujan	Intensitas curah hujan (mm/jam)	Kondisi
Hujan sangat lemah	< 1,20	Tanah agak basah atau dibasahi sedikit
Hujan lemah	1,20 - 3,00	Tanah menjadi basah semuanya, tetapi sulit membuat puddel (genangan air)
Hujan normal	3,00 - 18,0	Dapat dibuat puddel dan bunyi hujan kedengaran
Hujan deras	18,0 - 60,0	Air tergenang di seluruh permukaan tanah dan bunyi keras hujan terdengar berasal dari genangan
Hujan sangat deras	> 60,0	Hujan seperti ditumpahkan, sehingga saluran dan drainase meluap

Sumber : Suripin, 2003

### Pemanenan Air Hujan

Pemanenan air hujan (PAH) merupakan suatu metode atau teknologi yang digunakan untuk mengumpulkan air hujan yang berasal dari atap bangunan, permukaan tanah, jalan atau perbukitan batu dan dimanfaatkan sebagai salah satu sumber suplai air bersih (UNEP, 2001; Abdulla et al., 2009; Yulistiyorini, 2011; Malik, 2016). Air hujan merupakan sumber air yang sangat penting terutama di daerah yang tidak terdapat sistem penyediaan air bersih, kualitas air permukaan yang rendah serta tidak

tersedia air tanah (Abdulla et al., 2009; Yulistiyorini, 2011; Malik, 2016).

Berdasarkan UNEP. (2001) ; Yulistiyorini. (2011) beberapa keuntungan penggunaan air hujan sebagai salah satu alternatif sumber air bersih adalah sebagai berikut :

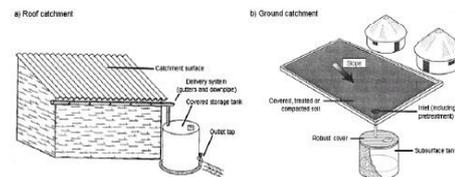
- a. Meminimalisasi dampak lingkungan, air hujan tidak hanya menjadi air limpasan tetapi dapat dimanfaatkan .
- b. Air hujan yang dikumpulkan relatif lebih bersih dan kualitasnya memenuhi persyaratan sebagai air baku air bersih dengan atau tanpa pengolahan lebih lanjut.
- c. Air hujan sebagai cadangan air bersih sangat penting penggunaannya pada saat darurat atau terdapat gangguan sistem penyediaan air bersih, terutama pada saat terjadi bencana alam. Selain itu air hujan bisa diperoleh di lokasi tanpa membutuhkan sistem penyaluran air.
- d. Air hujan bisa menjadi cadangan air bersih, maksudnya pemanenan air hujan dapat mengurangi ketergantungan pada sistem penyediaan air bersih yang ada sebelumnya.
- e. Sebagai salah satu upaya konservasi air.
- f. Pemanenan air hujan merupakan teknologi yang mudah dan fleksibel dan dapat dibangun sesuai dengan kebutuhan. Pembangunan, operasional dan perawatan tidak membutuhkan tenaga kerja dengan keahlian tertentu, sehingga sangat ekonomis jika diterapkan oleh masyarakat.

Selain beberapa keuntungan di atas, juga terdapat beberapa keterbatasan dalam pemanenan air hujan. Berikut ada beberapa faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan terlebih dahulu :

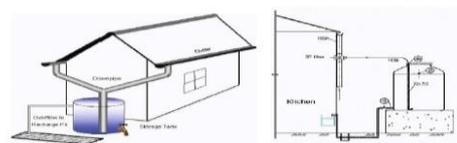
- a. Luas daerah tangkapan hujan dan kapasitas penyimpanan.

- b. Pemeliharaan sistem pemanenan air hujan.
- c. Pengembangan sistem pemanenan air hujan yang luas sebagai salah satu alternatif sumber air bersih dapat mengurangi pendapatan perusahaan air minum yang ada di daerah tersebut.
- d. Tidak atau jarang ada pedoman yang jelas untuk diikuti bagi pengguna atau pengembang sistem pemanenan air hujan.
- e. Curah hujan adalah faktor terpenting dalam pengopersian sistem pemanenan air hujan.

Sistem Pemanenan Air Hujan umumnya dapat dilihat pada Gambar.1 yang terdiri dari tempat menangkap hujan (*collection area*), saluran air hujan yang mengalirkan air hujan dari tempat menangkap hujan ke tangki penyimpanan (*conveyance*), filter, reservoir (*storage tank*), saluran pembuangan, dan pompa (UNEP, 2001;Yulistiyorini, 2011). Berikut dapat dilihat pada Gambar1.



Gambar 1. Ilustrasi Sistem PAH (a) Menggunakan Atap dan (b) Menggunakan Tanah



Gambar 2. Sistem PAH di Banda Aceh Pasca Tsunami Tahun 2004

Gambar 1. Sistem pemanenan air hujan

Untuk mengetahui kebutuhan air secara total, harus ditentukan kuantitas air yang diperlukan untuk kebutuhan sehari-hari seperti : mandi, mencuci, toilet dan masak (liter/hari).

### Rain Cycle 2

Software *Rain Cycle* standar v2.0 adalah software yang membantu dalam membangun sistem *Rainwater*

*Harvesting*. Perangkat lunak ini merupakan aplikasi berbasis *spreadsheet* ditulis untuk Microsoft Excel dan merupakan alat penilaian yang kuat dan *userfriendly*. Fungsi aplikasi adalah simulasi hidrolik dan seluruh biaya (konstruksi, operasi/pemeliharaan) dari sistem *Rainwater Harvesting* untuk bangunan perumahan, komersial, industri dan masyarakat. Hal ini dimaksudkan sebagai bantuan untuk pengambilan keputusan dan pasokan air/permintaan fluks dan masalah biaya sekitar struktur *Rainwater Harvesting*.

Perangkat lunak *Rain Cycle* standar v2.0 ditulis terutama untuk sistem *Rainwater Harvesting* yang mengumpulkan limpasan air hujan dari permukaan daerah tangkapan atap. Simulasi dijalankan dengan menginput data pertahun dan menghasilkan simulasi pertahun, baik untuk sistem pemanenan air hujan yang dimodelkan dan sistem pembiayaan.

Tabel 2. menunjukkan data yang diperlukan untuk melakukan penilaian *Sistem Rainwater Harvesting*.

Tabel 2. Data hidrolik yang diperlukan untuk penilaian

<i>Parameter</i>	<i>Units</i>
<i>Rainfall data</i>	<i>Mm/day</i>
<i>Catchment area</i>	<i>M<sup>2</sup></i>
<i>Runoff coefficient</i>	-
<i>First-flush volume</i>	<i>l</i>
<i>Filter coefficient</i>	-
<i>Storage tank volume</i>	<i>M<sup>3</sup></i>
<i>Drain-down intervals</i>	<i>Days</i>
<i>Power rating of pump</i>	<i>kW</i>
<i>Pumping rating of pump</i>	<i>l/min</i>
<i>Water demand</i>	<i>M<sup>3</sup>/day</i>

(Sumber : Beza , 2015)

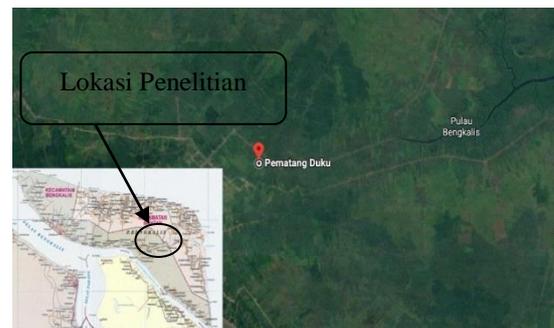
## METODOLOGI PENELITIAN

Pada dasarnya proses pelaksanaan studi ini terbagi kedalam tiga bagian yaitu pengumpulan data, pengolahan data

sehingga outputnya berupa hasil analisa model.

### Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Desa Pematang Duku Kec. Bengkalis Kab. Bengkalis Provinsi Riau. Berikut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi Penelitian

### Pengumpulan data

Data yang digunakan dalam adalah data primer dan data sekunder. Adapun data primer yang digunakan adalah:

- Data luas atap rumah masyarakat di desa Pematang Duku Kec. Bengkalis Kab. Bengkalis.
- Data jumlah anggota keluarga yang menghuni rumah.
- Data kebutuhan air bersih, ditetapkan 60liter/orang/hari untuk daerah pedesaan. Untuk kondisi rumah yang ditinjau jumlah penghuni rumah 4 org dengan kebutuhan air bersih dalam 1 tahun yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Air} &= 4 \times 60 \text{ ltr} \\ &= 240 \text{ ltr/hari} \\ &= 87 \text{ m}^3/\text{thn} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk data sekunder yaitu data curah hujan harian dalam satu tahun dengan daerah pendekatan Stasiun Buatan Siak tahun 2011 s/d 2016 yang didapat dari Balai Wilayah Sungai (BWS) III Sumatera.

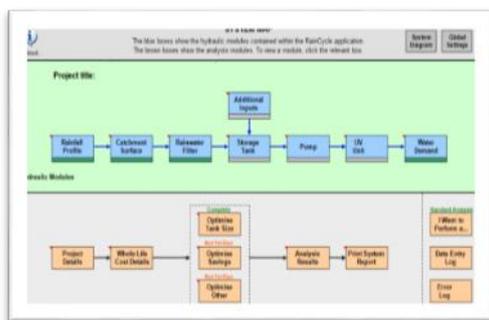
### Tahap Pengolahan dan Analisa Data

#### I. Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan ini, dipersiapkan data-data yang dibutuhkan untuk

simulasi. Pada simulasi permodelan ini digunakan Program *Rain Cycle 2*. Simulasi data awal dilakukan dengan parameter awal yang sudah ditentukan oleh *Rain Cycle 2*.

- II. Data primer dan data sekunder yang telah dipersiapkan selanjutnya dikelola dengan menggunakan program *Rain Cycle 2*. Langkah-langkah penggunaan software *Rain Cycle 2* dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :
- a. Tahap pertama ; setelah software *Rain Cycle 2* diaktifkan akan muncul *System Map* pada *Rain Cycle 2*, yang terbagi dalam dua katagori yaitu *Hydraulic Modules* dan *Analysis Modules*. *System Map* pada *Rain Cycle 2* dapat dilihat pada Gambar 3.

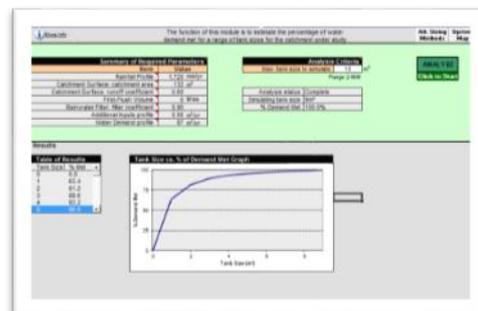


Gambar 3. *System Map* pada *Rain Cycle 2*

- b. Tahap selanjutnya adalah menginput data-data pertahun yang telah dipersiapkan pada masing-masing *input*. Berikut ini adalah beberapa menu input yang akan dilakukan:
  - a) *Rainfall profil* digunakan untuk menginput data curah hujan harian dengan daerah pendekatan stasiun Buatan Siak pertahun yaitu tahun 2011 s/d 2016 yang didapat dari Balai Sungai Wilayah III Sumatera Provinsi Riau.
  - b) *Catchment Surface* digunakan untuk menginput data luas atap rumah yang ditinjau, kemudian kembali ke *System Map*.
  - c) *Rainwater Filter* menu input yang digunakan untuk menginput

koefisien dari *rainwater filter*. Dengan ketentuan Koefisiennya yaitu 90% atau 0,9. Setelah di input kembali ke *System Map*.

- d) *Water demand* digunakan untuk menginput data kebutuhan air pada satu rumah yang ditinjau dalam satu tahun. Setelah itu kembali ke *system Map*.
- c. Selanjutnya dilakukan analisis *Optimize Tank Size*. Kemudian dilakukan pengisian ukuran tangki dalam satuan  $m^3$ . Pada kolom analisis kriteria. Selanjutnya melakukan analisis yang digunakan untuk mendapatkan hasil dari simulasi yaitu berupa analisis grafik antara jumlah tangki air yang digunakan dengan persentasi kebutuhan air. Pada Gambar 4 dapat dilihat ouput dari analisis *rain cycle 2* berupa Grafik dan Tabel jumlah tangki air yang digunakan dengan persentasi kebutuhan air.



Gambar 4. *Optimize Storage Tank Size*

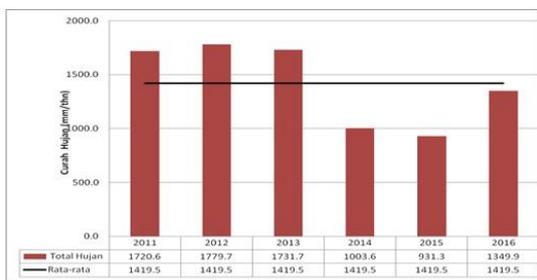
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Permodelan *rain cycle 2* terdiri atas input atap rumah ( $m^2$ ), data curah hujan harian dalam satu tahun ( $mm/hari$ ), koefisien pengaliran atap dan data kebutuhan air berdasarkan jumlah anggota keluarga yang menghuni rumah ( $m^3/hari$ ).

### Analisis Data Curah Hujan, Luas Tangkapan dan Jumlah penghuni

a. Curah hujan

Simulasi Permodelan *Rain Cycle 2* membutuhkan input data curah hujan harian ke dalam *menu rainfall profil*. Dalam penelitian ini data curah hujan di peroleh dari Badan Wilayah Sungai (BWS) III Sumatera dengan lokasi pendekatan di Stasiun Buatan yaitu tahun 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 dan 2016. Besaran Total curah hujan pertahun pada tahun 2011 sampai dengan 2016 dapat dilihat pada Gambar 5 .

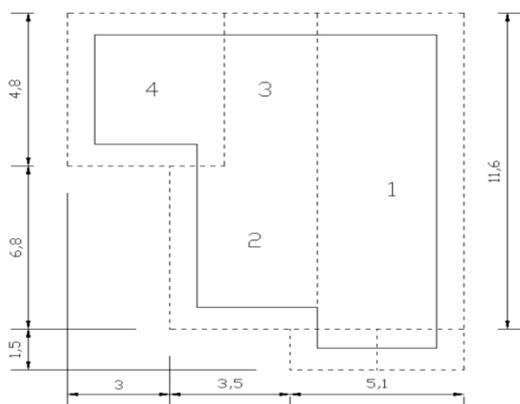


Gambar 5. Besaran curah hujan tahun 2011-2016

Berdasarkan Gambar 5 diketahui bahwa potensi hujan rata-rata per tahun sebesar 1419,5 mm/thn.

b. Luas tangkapan/ luas atap dan jumlah penghuni

Untuk perhitungan luas Atap diambil satu contoh perhitungan yaitu pada sampel rumah dengan kondisi P (Perbandingan luas tangkapan dengan jumlah penghuni) 32,96 m<sup>2</sup>/org, dimana luas atap efektif 131,82 m<sup>2</sup> dan penghuni rumah 4 orang. Berikut sketsa rumah dan denah atap pada Gambar 6.



Gambar 6. Sketsa rumah dan denah atap

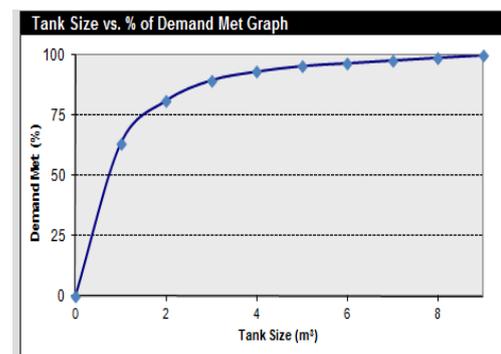
**Analisis Data Pada Rumah dengan Perbandingan luas atap dan jumlah penghuni (P) 32,96 m<sup>2</sup>/Org pada tahun 2011 s/d 2016**

Simulasi *rain cycle 2* untuk rumah yang ditinjau dengan perbandingan luas tangkapan dan jumlah penghuni 32,96 m<sup>2</sup>/org. Setelah input data selesai, dilakukan analisis data yaitu analisis *optimize storage tank size*. Setelah analisis selesai akan muncul tabel dan grafik hubungan antara kapasitas tangki dan persentase pemenuhan. Kapasitas tangki dan persentase pemenuhan kebutuhan air pada kondisi rumah P (32,96 m<sup>2</sup>/org) dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kapasitas tangki dan persentase pemenuhan kebutuhan air Tahun 2011

Tank Size (m <sup>3</sup> )	Demand Met (%)
0	0
1	63,4
2	81,2
3	89,6
4	93,2
5	95,5
6	96,7
7	97,8
8	99,0
9	100
10	100

Hasil analisis untuk pemenuhan kebutuhan rumah kondisi P ( 32,96 m<sup>2</sup>/org) selama 1 tahun pada Gambar 7.



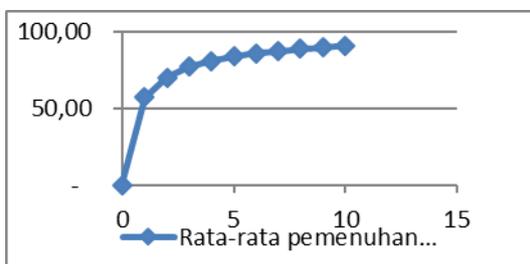
Gambar 7. Grafik kapasitas tangki (m<sup>3</sup>) terhadap persentase pemenuhan kebutuhan

Dari Gambar 7 didapatkan informasi bahwa persentase pemenuhan dapat mencapai 100% pada kapasitas tangki 9 m<sup>3</sup>. Selanjutnya untuk hasil analisis rata-rata rumah dengan kondisi P (32,96 m<sup>2</sup>/org) dari tahun 2011-2016 dapat dilihat pada Tabel 4 .

Tabel 4. Persentase pemenuhan rata-rata kala ulang 6 tahun

Tank Size (m <sup>3</sup> )	Demand Met (%)
0	0
1	56.95
2	70.17
3	77.07
4	81.08
5	83.83
6	85.83
7	87.42
8	88.77
9	89.83
10	91.07

Berdasarkan Tabel 4 diketahui persentase pemenuhan pertahun dan rata-rata persentase pemenuhan kebutuhan air bersih dalam kala ulang 6 tahun untuk rumah dengan kondisi P ( 32,96 m<sup>2</sup>/org). Tampilan dalam bentuk grafik disajikan juga pada Gambar 7 .



Gambar 7 .Grafik Hubungan Kapasitas dengan Persentase Pemenuhan kebutuhan.

Dari Gambar 7 diketahui bahwa persentase pemenuhan rata-rata kala ulang 6 tahun untuk rumah dengan

kondisi P = 32,96 m<sup>2</sup>/org memiliki persentase pemenuhan yang tinggi. Untuk kapasitas 0 – 1 m<sup>3</sup> persentase pemenuhan rata-rata mencapai 56,95%, untuk 1-3 m<sup>3</sup> persentase pemenuhan rata-rata naik 6% - 7 % dan untuk kapasitas 4-10 m<sup>3</sup> persentase pemenuhan naik 1% - 2 %. Persentase pemenuhan dengan dengan nilai P (32,96 m<sup>2</sup>/org) yang tetap dan kapasitas tangki yang semakin besar maka persentase pemenuhan juga akan semakin tinggi. Tetapi jika kapasitas penampung terlalu besar dan nilai P (perbandingan luas atap dan jumlah penghuni) kecil. Maka pesentase pemenuhan akan tetap atau hanya naik sedikit saja. Hal ini dipengaruhi oleh sistem tumpang tindih penampungan atau air yang ditampung dengan air yang dikeluarkan harus seimbang.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

- Pemanenan air hujan ini sangat bermanfaat di wilayah yang mengalami kekurangan air bersih terutama di daerah pesisir atau pulau seperti Pulau Bengkalis. Potensi ketersediaan air hujan dalam kurun waktu 6 tahun ( 2011 s.d 2016) berdasarkan data curah hujan harian daerah pendekatan Stasiun Buatan yaitu 1419,5 mm/tahun.
- Pemanenan Air Hujan Secara Individu di desa Pematang Duku Kecamatan Bengkalis dengan sistem atap dan bantuan program *Rain Cycle 2* untuk perbandingan luas dan jumlah penghuni (P) 32,96 m<sup>2</sup>/org memberikan persentase pemenuhan yang cukup besar yaitu berkisar 56,95 % - 91,06 % untuk tangki dengan kapasitas 1 – 10 m<sup>3</sup>. Dari hasil persentase pemenuhan diketahui bahwa jika semakin besar kapasitas tangki maka persentase pemenuhan juga akan semakin besar.

- c. Penerapan teknologi pemanenan air hujan secara individu dengan sistem atap dan penampungan menggunakan tangki sangat dipengaruhi oleh perbandingan luas tangkapan, jumlah penghuni rumah serta finansial masyarakat untuk menyediakan kapasitas tangki tampungan.

#### **Saran**

Gunakan kapasitas tangki yang lebih besar agar persentase pemenuhan kebutuhan air bersih dengan sistem pemanenan air hujan juga semakin besar. Selain itu, untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk menganalisis kualitas air hujan yang dipanen agar dapat digunakan sebagai air minum.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Anonim, 2015. Pulau Bengkalis Kesulitan Dapatkan Air Bersih, <http://riaugreen.com/>, diakses pada 7 Februari 2018, Pkl 15.00 WIB
- Beza, I.A, 2015 . Kajian Pemanenan Air Hujan Sebagai Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih Skala Individual Di Pulau Kecil, Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Malik, Y., S., Suprayogi, I., & Asmura, J, (2016). *Kajian Pemanenan Air Hujan Sebagai Alternatif Pemenuhan Air Baku di Kecamatan Bengkalis*, Jom Fakultas Teknik , Vol. 3 No.2.
- Suprayogi, I. 2014. Aplikasi Teknologi *Rain Water Harvesting* Sebagai Alternatif Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih Daerah Rawa Di Provinsi Riau, Penelitian Perguruan Tinggi, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Suripin (2003). *Sistem Drainase Perkotaan Berkelanjutan*, Penerbit Andi Yogyakarta.

Sutrisno, E., Siregar, Y.I., & Nofrizal, (2016). Pengembangan Sistem Pemanenan Air Hujan untuk Penyediaan Air Bersih di Selat Panjang Riau, *Dinamika Lingkungan Indonesia* . p. 1-8 ISSN 2356-2226

UNEP International Technology Centre. (2001). *Rainwater Harvesting*. Murdoch University of Western Australia.

Yulistyorini, A. (2011) Pemanenan Air Hujan Sebagai Alternatif Pengelolaan Sumber Daya Air di Perkotaan, *Teknologi dan Kejuruan*, vol, 34, no. 1, Februari:105-114.