

**SUMBANGAN CURAH HUJAN UNTUK KEBUTUHAN AIR
BERSIH DI PULAU-PULAU KECIL MENGGUNAKAN
TEKNOLOGI PEMANENAN AIR HUJAN SKALA INDIVIDU*****CONTRIBUTION OF RAIN FALL FOR THE NEEDS OF CLEAN
WATER IN SMALL ISLANDS USING RAIN-WATER-HARVESTING
TECHNOLOGY IN INDIVIDUAL SCALE*****Imam Suprayogi**Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau
*drisuprayogi@yahoo.com***Suwondo**

Jurusan Biologi, Universitas Riau

Joleha

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau

Jacky Asmura

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Riau

INTISARI

Tujuan utama penelitian adalah melakukan kajian sumbangan curah hujan untuk kebutuhan air bersih di Pulau-Pulau Kecil menggunakan penerapan teknologi pemanenan air hujan skala individu for di Desa Concong Tengah Kecamatan Concong Dalam Kabupaten Indragiri Hilir dan Desa Merbau Kecamatan Merbau Kabupaten Kepulauan Meranti Provinsi Riau. Metode pendekatan penelitian yang digunakan adalah Model Behaviour dengan mensimulasikan suatu algoritma dari sistem operasi volume yang ada dalam tampungan berdasarkan konsep *mass balance* berdasarkan selang waktu tertentu menggunakan pendekatan Program Bantu *Rain Cycle 2* dengan data input model terdiri dari luas efektif atap rumah tangga (m^2), jumlah hujan harian dalam satu tahun (mm/tahun), koefisien pengaliran dari atap dan data kebutuhan air berdasarkan jumlah anggota keluarga (m^3 /hari). Data curah hujan yang dipergunakan untuk penelitian bersumber dari Bagian Hidrologi BWS III Sumatera dengan lokasi stasiun pencatat curah hujan Tembilihan dan Kandis tahun 2010 sampai 2014. Pada penelitian ini dilakukan simulasi model di wilayah penelitian untuk berbagai variasi data curah hujan untuk dengan menggunakan sampel luas atap $70 m^2$ serta jumlah penghuni rumah sebanyak 5 orang. Hasil simulasi membuktikan bahwa curah hujan merupakan parameter yang sangat sensitip terhadap pemenuhan hidrologi kuantitatif guna pemenuhan kebutuhan air bersih di pulau kecil.

Kata kunci: pemanenan air hujan, simulasi, model behaviour, air bersih, daerahhrawa

ABSTRACT

The main purpose of this research is to conduct contribution of rain fall for the needs of clean water in small islands using rain water harvesting technology in individual scale in Concong Tengah village, Concong Dalam District, Indragiri Hilir Regency and Merbau

village, Merbau District, Kepulauan Meranti Regency, Riau Province. The method of this research is a model of behavior approach by simulating an algorithm of the operating system that exists in the storage volume based on the concept of mass balance with intervals time using Rain Cycle 2 Program. Entering data consisting of the effective area for the roof household (m^2), daily rainfall amount in one year (mm/year), the coefficient of drainage from the roof and the data needs of water based on the number of family members (m^3/day). The Rainfall data used for the study came from the Hydrological Section of BWS III Sumatera with the location of rainfall recording station in Tembilahan from 2010 to 2014. This study using the different variations of rainfall data for a roof area is $70 m^2$ and the number of occupants of the house is 5 people. The simulation results prove that the rainfall is a parameter that is highly sensitive to the fulfillment of quantitative hydrology in order to meet the needs of clean water on a small island.

Keywords : rain water harvesting, behavior modeling, clean water, marsh areas

PENDAHULUAN

Pengembangan pulau-pulau kecil memiliki karakteristik khusus karena pulau-pulau ini pada umumnya memiliki sumber daya alam, aspek lingkungan, dan budaya yang khas. Sebagai entitas yang memiliki pencirian khusus, pengelolaan pulau kecil memiliki format yang berbeda dengan wilayah regional yang lain, khususnya yang ada di daratan (*main land*). Beberapa karakteristik ekosistem pulau-pulau kecil yang dapat merupakan kendala bagi pembangunan adalah ukuran kecil dan terisolasi, sehingga penyediaan sarana dan prasarana menjadi sangat mahal dan sumber daya manusia yang andal menjadi langka.

Bersumber dari data Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas), bahwa selama abad 20 Indonesia telah mengalami peningkatan suhu rata-rata udara di permukaan tanah sekitar $0,5^{\circ}C$. Rata-rata suhu Indonesia diproyeksikan meningkat $0,8 - 1,0^{\circ}C$ antara tahun 2020 hingga 2050, kondisi ini jika dibandingkan periode tahun 1961 hingga 1990.

Bersumber dari Bappenas (2010) bahwa peningkatan suhu akibat perubahan iklim mengakibatkan semakin tingginya penguapan sumber air permukaan seperti sungai, danau dan waduk sehingga mengurangi jumlah air baku. Penguapan ini sekaligus menurunkan kualitas sumber air permukaan hingga batas bawah toleransi (tidak dapat diolah) akibat makin pekatnya bahan pencemar, salinitas dan

mikroorganisme air pembawa wabah penyakit.

Masih bersumber dari Rencana Pembangunan Jangka Panjang (RPJP) Provinsi Riau Tahun 2005-2025 bahwa pemenuhan kebutuhan air bersih untuk domestik Provinsi Riau sebagian besar masih mengandalkan air tanah dangkal melalui sumur gali (30%), air hujan (30%), sumur yang tidak terpelihara (20%), sungai, situ dan pelayanan Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). Masih bersumber dari Rencana Pembangunan Jangka Panjang (RPJP) Provinsi Riau Tahun 2005-2025 bahwa kebutuhan air di Kabupaten Indragiri Hilir, Bengkalis dan Rokan Hilir sebagian tergantung air hujan, oleh karena air permukaan umumnya bersifat payau dan mengandung bahan organik dan zat besi yang tinggi.

Dikatakan Zang dkk (2009) bahwa Pemanenan Air Hujan (PAH) dengan memanfaatkan atap bangunan umumnya merupakan alternatif dalam memperoleh sumber air bersih yang membutuhkan sedikit pengolahan sebelum digunakan untuk keperluan manusia. Penggunaan air hujan sebagai salah satu alternatif sumber air sangat potensial untuk diterapkan di Indonesia mengingat Indonesia adalah negara tropis yang mempunyai curah hujan yang tinggi. Dipertegas oleh Song dkk (2009) bahwa berdasarkan pada meteorologi dan karakteristik geografis pemanenan air hujan, curah hujan tahunan di Indonesia mencapai 2263 mm yang cenderung

terdistribusi secara merata sepanjang tahun tanpa ada perbedaan yang mencolok antara musim hujan dan musim kemarau. Oleh karena itu pemanenan air hujan di Indonesia perlu ditindaklanjuti sebagai salah satu upaya pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan.

Pemanfaatan air hujan diberbagai belahan dunia juga telah dimanfaatkan untuk kebutuhan pemenuhan air bersih seperti merujuk hasil penelitian yang dilakukan oleh Appan (1999), penggunaan air bersih *Nanyang Technological University Campus* di Singapura dapat ditekan sebesar 12.4% untuk penyiraman toilet karena air bersih tersebut digantikan oleh air hujan.

Hasil Penelitian oleh Zhang et al (2009) dengan melakukan studi di beberapa kota di Australia menyebutkan penggunaan air hujan dapat menghemat air bersih sampai 29.9% di Perth dan di Sydney kurang lebih 32.3%. Di Jordan pemanfaatan air hujan oleh penduduk sebagai alternatif sumber air bersih dapat mengurangi pemakaian air (*potable water*) hingga 19.7%. Selain untuk keperluan minum dan memasak, air hujan digunakan untuk perawatan taman, kebersihan di dalam dan di luar rumah. Untuk keperluan makan dan minum tentu membutuhkan pengolahan lebih lanjut walaupun tidak terlalu rumit (Abdulla et al., 2009).

Masih perihal pemanfaatan air hujan bersumber hasil penelitian oleh Ghisi et al (2009) bahwa di Brasil hasil penelitian menyatakan bahwa pemakaian air hujan di beberapa SPBU menghemat pemakaian air bersih sebesar 32,7–70%. Selain untuk kebutuhan toilet dan taman, air tersebut digunakan untuk pencucian kendaraan di SPBU. Selain dapat digunakan sebagai pengganti air bersih, kelebihan air hujan dapat diresapkan ke dalam tanah, sehingga air tanah akan terisi kembali. Hal ini akan menguntungkan dalam hal konservasi air tanah sehingga membantu penurunan muka air tanah tidak terjadi secara drastis. Selain itu pengisian kembali air tanah dapat mengurangi volume limpahan air hujan dan dapat mengurangi potensi banjir.

Merujuk dari kajian pemanfaatan teknologi *rain water harvesting* di berbagai negara yang telah disebut di atas, maka atap dapat

menjadi salah satu upaya alternatif yang dapat dijadikan sebagai dasar rujukan untuk melakukan kajian sistem penyediaan air bersih di pulau- pulau kecil seperti halnya Desa Concong Tengah Kecamatan Concong dan Desa Merbau Kecamatan Merbau Kabupatek Kepulauan Meranti yang secara kewilayahan berada di Kabupaten Indragiri Hilir Provinsi Riau. Selama ini air hujan yang jatuh di atas atap tidak ditampung dan hanya dibiarkan meresap atau masuk ke saluran drainase saja, sehingga upaya konservasi air melalui penampungan air hujan sangat perlu untuk dilakukan

LANDASAN TEORI

Sistem Rain Water Harvesting

Sistem Rain Water Harvesting Sistem *Rain Water Harvesting* yang digunakan dalam kajian ini adalah Sistem Rain Water Harvesting sederhana yaitu atap sebagai *catchment area*, pipa sebagai sistem pengaliran, dan tangki sebagai system penyimpanan. Menurut Roebuck (2010) bahwa performa sistem *Rain Water Harvesting* sangat ditentukan oleh kapasitas tangki penyimpanan (*storage*) yang ada dalam sistem tersebut. Kapasitas tangki penyimpanan merupakan komponen yang penting karena akan menentukan performa sistem secara keseluruhan dan biaya yang dibutuhkan. Performa tangki tersebut dipengaruhi oleh karakteristik *catchment area*, potensi curah hujan dan kebutuhan air yang diperlukan

$$ER = R_t \cdot A \cdot C \tag{1}$$

ER adalah *run off* efektif (m³), R adalah curah hujan (mm), A adalah luas *catchment area* (m²) dan C adalah koefisien *run off*.

Model dasar yang dapat digunakan untuk menggambarkan secara lengkap suatu sistem suplai, debit dan *run off* dapat dianalogikan dengan siklus urban hidrologi. Potensi curah hujan dihitung berdasarkan konsep neraca air. Simulasi neraca air digunakan untuk menjelaskan algoritma operasi tangki penyimpanan pada sistem *Rain Water Harvesting*. Secara sederhana perubahan volume dalam tangki *storage* dapat dinyatakan dengan konsep *water balance* :

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t - E_t - L_t \tag{2}$$

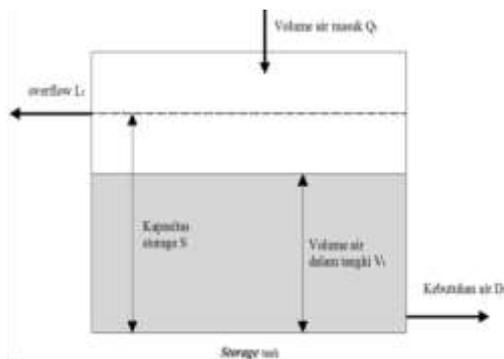
Dalam kajian penelitian ini, tangki penyimpanan yang digunakan terdapat di bawah permukaan tanah sehingga pengaruh evaporasi (E_t) dan kehilangan (L_t) dapat dihilangkan sehingga Persamaan 2 di atas dapat disederhana menjadi Persamaan seperti di bawah ini:

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad (3)$$

$$0 \leq V_t \leq S$$

dengan V_t adalah volume storage pada saat t (m^3), V_{t-1} adalah volume storage pada saat $t-1$ (m^3), Q_t adalah volume yang masuk ke dalam storage dalam selang waktu t (m^3/dt), D_t adalah *release* atau *demand* dalam selang waktu (m^3), E_t adalah evaporasi (m^3), L_t adalah besar kehilangan lainnya (m^3) dan S adalah kapasitas *storage* (m^3).

Volume air yang ditampung dalam suatu waktu akan sama dengan volume air pada waktu sebelumnya ditambah aliran yang masuk dan dikurangi dengan aliran yang keluar pada suatu waktu tertentu. Suatu model perilaku atau yang lazim disebut Model Behaviour dengan mensimulasikan suatu algoritma dari sistem operasi volume yang ada dalam tampungan berdasarkan konsep *mass balance* berdasarkan selang waktu tertentu. Diskripsi Model *Behaviour* disajikan seperti pada Gambar 1.



Sumber : Fewkess (2010)

Gambar 1. Aliran Air Dalam Tangki Penyimpanan

Performa *Rain Water Harvesting* dapat dinyatakan dengan indikator keandalan dan efisiensi tangki. Keandalan dari tangki penyimpanan dapat dinyatakan dalam satuan waktu maupun volume (Fawkess dkk, 2000). Dalam penelitian ini, keandalan tangki penyimpanan dinyatakan dalam satuan waktu yaitu banyaknya bulan yang

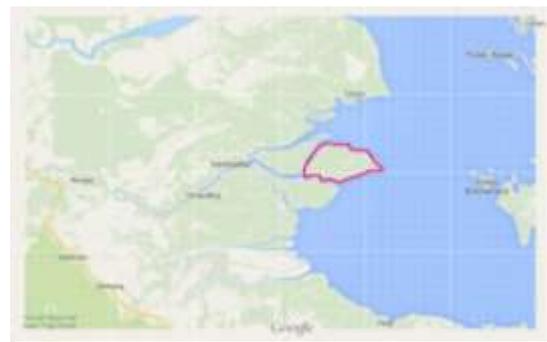
kebutuhan airnya terpenuhi dengan sistem *Rain Water Harvesting*.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode pendekatan yang digunakan untuk penelitian ini adalah dengan menggunakan Teknologi *Rain Water Harvesting* sebagai salah satu upaya alternatif yang dapat dijadikan sebagai pemenuhan sumber air bersih Desa Concong Tengah Kecamatan Concong Kabupaten Indragiri Hilir dan Desa Merbau Kecamatan Merbau Kabupaten Kepulauan Meranti Provinsi Riau.

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian secara administrasi terletak di Desa Concong Tengah Kecamatan Concong Kabupaten Indragiri Hilir dan Desa Merbau Kecamatan Merbau Kabupaten Kepulauan Meranti Provinsi Riau. Diskripsi lokasi selanjutnya disajikan seperti pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini variabel yang akan diamati adalah :

1. Parameter curah hujan harian dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2014 dari instansi Balai Wilayah Sungai (BWS) III Sumatera sebagai parameter yang berubah
2. Parameter luas atap rumah masyarakat sebagai contoh pengambilan sampel sebagai parameter tetap
3. Kebutuhan air berdasarkan jumlah anggota sebagai contoh pengambilan sampel untuk kebutuhan simulasi sebagai parameter tetap

Jenis dan Sumber Data

Jenis dan sumber data dalam penelitian ini terdiri dari :

- a. Data Primer
Pengukuran data primer dilakukan di lapangan dengan melakukan pengukuran luas atap rumah masyarakat serta pencatatan luas tanah eksisting halaman guna pembuatan tangki penampung di lokasi penelitian.
- b. Data sekunder
Penelitian yang dilakukan meliputi pengumpulan data sekunder yaitu data curah hujan harian pada Stasiun Tembilahan untuk tahun 2010, 2011, 2012, 2013 dan 2014 dari Balai Wilayah Sungai (BWS) III Sumatera

Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian terdiri dari seperangkat program bantu Rain Cycle 2 dengan pembuat *software* SUD Solution alamat kontak PO Box 104 Leeds LS13 9AA West Yorkshire UK serta kebutuhan *software* Microsoft Windows dan Excel bahasa pemrograman

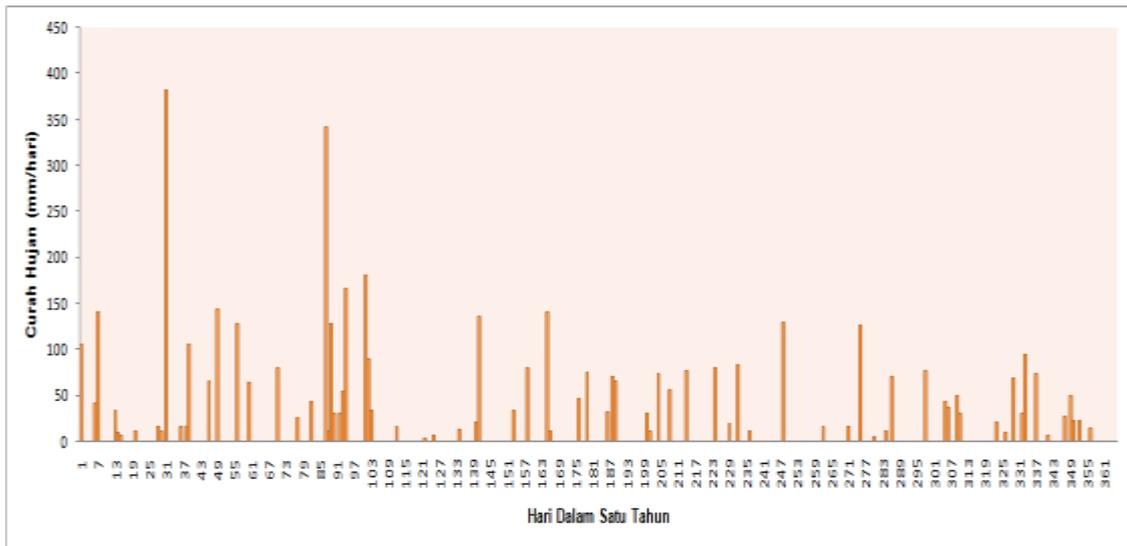
Microsoft Excel kemudian meteran, peta lokasi serta dokumentasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Model Rain Cycle 2 memerlukan input yang terdiri dari luas efektif atap rumah tangga (m²), jumlah hujan harian dalam satu tahun (mm/tahun), koefisien pengaliran dari atap dan data kebutuhan air berdasarkan jumlah anggota keluarga (m³/hari).

Wilayah Kajian Desa Concong Tengah
Input Data Curah Hujan

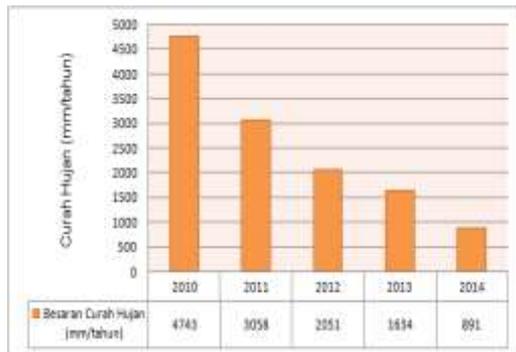
Simulasi model Raincycle 2 dibutuhkan input parameter data curah hujan. Adapun data curah hujan diperoleh dari Badan Wilayah Sungai (BWS) III Sumatera dengan lokasi Stasiun Tembilahan berturut-turut tahun 2010, 2011, 2012, 2013 dan 2014 yang selengkapnya disajikan dalam bentuk grafik hubungan antara besar curah hujan dalam mm/hari sebagai fungsi runtun waktu dalam setahun yang disajikan seperti pada Gambar 3.



Sumber : Balai Wilayah Sungai (BWS) III, Sumatera

Gambar 3. Curah Hujan Runtun Waktu Tahun 2010

Berdasarkan dari Gambar 3 maka didapat total jumlah curah hujan tahunan pada tahun 2010 adalah sebesar 4743 mm/ tahun.. Sedangkan untuk tahun 2011, 2012, 2013, 2013 dan tahun 2014 besar curah hujan adalah berturut – turut sebesar 3058 mm/ tahun, 2051 mm/ tahun, 1634 mm/ tahun dan 891 mm/ tahun. Untuk selengkapnya besaran data curah hujan tiap tahun dari 2010 sampai 2014 disajikan seperti Gambar 4.



Sumber : Badan Wilayah Sungai (BWS) III Sumatera

Gambar 4. Besaran Curah Hujan Tahun 2010 - 2015

Merujuk hasil Gambar 4 di atas, maka besaran nilai curah hujan yang tercatat di Stasiun Curah Hujan Tembilahan cenderung mengalami penurunan yang cukup signifikan untuk rentang tahun 2010-2015.

Data Luas Atap Sampel Rumah Masyarakat

Data sampel rumah diambil atas nama milik Bapak Samsudin dengan ukuran rumah 7 m x 10 m atau 70 m² serta jumlah penghuni sebanyak 5 orang dengan perincian anggota keluarga terdiri bapak, ibu dan 3 orang anak. Pola hubungan kebutuhan dimensi tangki terhadap hasil pemanenan air hujan skala individu yang selengkapnya disajikan seperti pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Hubungan Antara Variasi Skema Model Terhadap Perubahan Data Curah Hujan dari tahun 2010 sampai 2015

Skema	Input Data Dengan Parameter Berubah Berupa Curah Hujan (mm/tahun)
Skema 1	Tahun 2010 sebesar 4743
Skema 2	Tahun 2011 sebesar 3058
Skema 3	Tahun 2012 sebesar 2051
Skema 4	Tahun 2013 sebesar 1634
Skema 5	Tahun 2014 sebesar 891

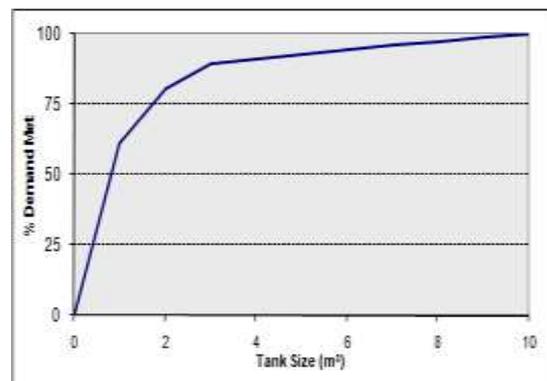
Hasil Simulasi Model Raincycle 2

Simulasi Model Raincycle 2 untuk Skema 1 menggunakan data input yang terdiri dari:

1. Data curah hujan yang diambil dari Stasiun Curah Hujan Kota Tembilahan pada tahun 2010 sebesar 4743 mm/hari.
2. Data Luas Atap Rumah seluas 70 m², penetapan Koefisien Pengaliran sebesar 0.75 dengan tipe *Pitched Roof Tile*
3. Data Koefisien Filter, penetapan Koefisien Filter sebesar 0,9 adalah efektif aliran yang akan masuk ke tangki penampung

Hasil Simulasi Model Untuk Data Curah Hujan Tahun 2010

Langkah selanjutnya dilakukan *running* Model Rain Cycle 2 yang hasil *output* model berupa grafik hubungan antara jumlah tangki dalam m³ terhadap kebutuhan air bersih dalam %. Hasil simulasi menggunakan input data curah hujan tahun 2010 selanjutnya disajikan pada Gambar 5 di bawah ini.



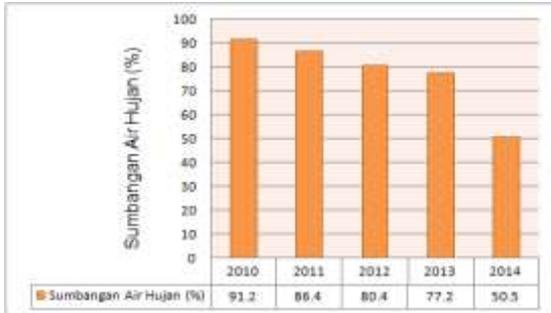
Sumber : Hasil Running Program Rain Cycle 2.0

Gambar 5. Grafik Hubungan antara Jumlah Tangki (m³) terhadap Kebutuhan Air Bersih Skala Individu (%)

Hasil simulasi Model Rain Cycle 2.0 yang mendiskripsikan pola hubungan antara kebutuhan jumlah tangki terhadap kontribusi air hujan dengan menggunakan 2 buah tangki untuk pemenuhan kebutuhan air bersih skala individu di Desa Concong Tengah dari Tahun 2010, 2011, 2013 dan 2014. Deskripsi hasil sumbangan air hujan disajikan seperti pada Gambar 6.

Bersumber dari Gambar 6, besaran sumbangan air hujan selama kurun waktu 2010, 2011, 2012, 2013 dan 2014 dalam upaya pemenuhan kontribusi air bersih

dengan menggunakan teknologi pemanenan air hujan skala individu lokasi Desa Merbau Kecamatan Merbau Kabupaten Kepulauan Meranti cenderung mengalami penurunan.

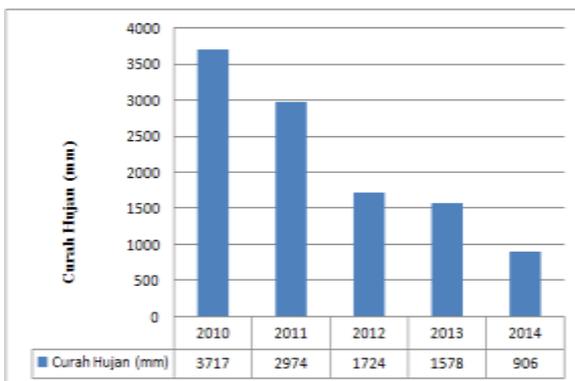


Sumber : Hasil *running* Program Rain Cycle 2.0

Gambar 6. Grafik Sumbangan Air Hujan (%) menggunakan 2 Tangki

Wilayah Kajian Desa Merbau

Bersumber dari dari Balai Wilayah Sungai (BWS) III Sumatera disajikan data curah hujan dari Stasiun Curah Hujan Kandis yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai (BWS) III Sumatera 2010, 2011, 2012, 2013 dan tahun 2014 besar curah hujan adalah berturut – turut sebesar 3717 mm/ tahun, 2974 mm/ tahun, 1724 mm/ tahun 1578 mm/ tahun dan 1578 mm/ tahun. Untuk selengkapnya besaran data curah hujan tiap tahun dari 2010 sampai 2014 disajikan seperti Gambar 7 di bawah ini.



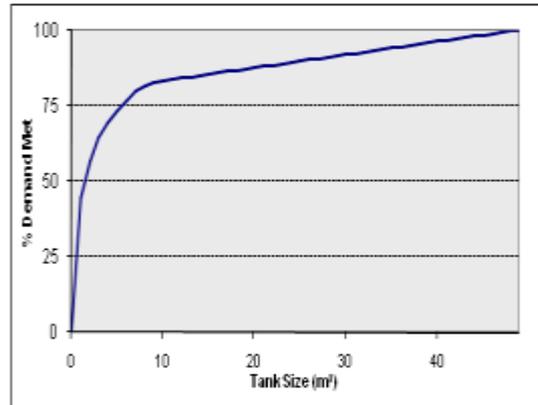
Sumber : Badan Wilayah Sungai (BWS) III Sumatera

Gambar 7. Besaran Curah Hujan Tahun 2010 - 2015

Merujuk Gambar 7, membuktikan besaran nilai curah hujan yang tercatat di Stasiun Curah Hujan Kandis cenderung mengalami penurunan yang cukup signifikan untuk rentang tahun 2010-2014.

Hasil Simulasi Model Untuk Data Curah Hujan Tahun 2010

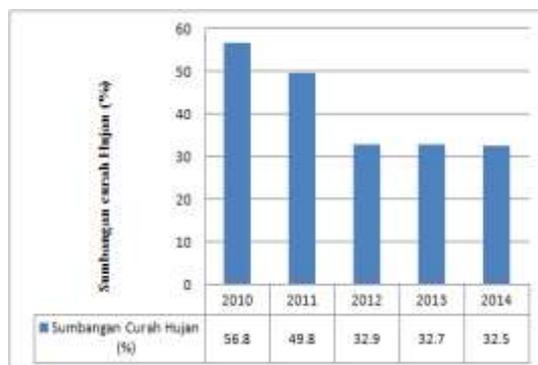
Langkah selanjutnya dilakukan *running* Model Rain Cycle 2 yang hasil *output* model mendiskripsikan berupa grafik pola hubungan antara jumlah tangki dalam m³ terhadap kebutuhan air bersih dalam %. Hasil simulasi menggunakan input data curah hujan Stasiun Kandis tahun 2010 disajikan pada Gambar 8 di bawah ini.



Sumber : Hasil Running Program Rain Cycle 2.0

Gambar 8. Grafik Hubungan antara Jumlah Tangki (m³) terhadap Kebutuhan Air Bersih Skala Individu (%)

Berdasarkan Gambar 8, bahwa hasil simulasi Model Rain Cycle 2.0 selengkapnya yang mendiskripsikan pola hubungan antara kebutuhan jumlah tangki terhadap kontribusi air hujan dengan menggunakan 2 buah tangki untuk pemenuhan kebutuhan air bersih skala individu di Desa Merbau dari tahun 2010, 2011, 2013 dan 2014 disajikan pada Gambar 9 sebagai berikut.



Sumber : Hasil Running Program Rain Cycle 2.0

Gambar 9. Grafik Sumbangan Air Hujan (%) menggunakan 2 Tangki

Berdasarkan dari Gambar 9 besaran sumbangan air hujan selama kurun waktu 2010, 2011, 2012, 2013 dan 2014 dalam upaya pemenuhan kontribusi air bersih dengan menggunakan teknologi pemanenan air hujan skala individu untuk lokasi Desa Merbau Kecamatan Merbau Kabupaten Kepulauan Meranti cenderung mengalami penurunan untuk rentang waktu tahun 2010-2014.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari penelitian dengan mengacu hasil analisis dan pembahasan membuktikan bahwa parameter curah hujan sangat sensitif terhadap hidrologi kuantitatif pemanenan air hujan skala individual untuk memenuhi kebutuhan air bersih di pulau – pulau kecil di wilayah Provinsi Riau, untuk itu perlunya dilakukan edukasi kepada masyarakat berkenaan pentingnya gerakan hemat air.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kemenristek Dikti yang telah memberi bantuan dana penelitian untuk skema PUPT, Bapak Kepala Desa Concong Tengah Kecamatan Concong Kabupaten Indragiri Hilir dan Bapak Kepala Desa Merbau Kecamatan Merbau Kabupaten Kepulauan Meranti Provinsi Riau atas ijin guna pengambilan data primer.

DAFTAR PUSTAKA

Abdulla, F., A., Al-Shareef, A., W., (2009). Roof Rain Water Harvesting Systems for Household Water Supply in Jordan. *Desalination* 243. 195-207.

Appan, A., (1999). A Dual-Mode System for Harvesting Roof Water for Non Potable Uses. *Urban Water* 1(4). 317-321.

Balitbangda Provinsi Riau, (2012), Laporan Akhir Master Plan Sistem Pengairan Kebun Kelapa Dalam Rangka Peningkatan Produksi Di Indragiri Hilir, Kerjasama Pusat Studi Tanah Gambut (PSTG) Universitas Riau dengan Balitbangda Provinsi Riau, Pekanbaru

Fawkes, A., (2000). Modelling the Performance of Rain Water Collection System : Toward a

Generalised Approach. *Urban Water* 1. 323-333

Ghisi, E., Tavares, D., F., Rocha, V., L., (2009). Rainwater Harvesting in Petrol Stations in Brasilia: Potential for Potable Water Saving and Investment Feasibility Analysis. *Resources, Conservation and Recycling* 54 . 79 - 85.

Song, J., Han M. Y., Kim T., (2009). Rainwater Harvesting as a Sustainable Water Supply Option in Banda Aceh. Seoul National University, Seoul.

UNEP International Technology Centre., (2001). Rain Water Harvesting. Murdoch University of Western, Australia

Zhang, Y., Chen, D., Chen, L., Ashbolt, S.,(2009). Potential for Rainwater Use in High-Rise Buildings in Australia Cities. *Journal of Environmental Management* 91.222- 226.