

**MODEL PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR (SDA)  
BERKELANJUTAN**  
(Studi Kasus : Pengelolaan Sumber Daya Air di Universitas Lampung)

**(Disertasi)**

Oleh

**OFIK TAUPIK PURWADI**



**PROGRAM DOKTOR ILMU PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2022**

# **MODEL PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR (SDA) BERKELANJUTAN**

**(Studi Kasus : Pengelolaan Sumber Daya Air di Universitas Lampung)**

Disertasi untuk memperoleh gelar Doktor  
Dalam Ilmu Pertanian  
Pada Universitas Lampung

Dipertahankan di hadapan Dewan Penguji  
Program Pascasarjana Fakultas Pertanian  
Universitas Lampung

Pada Tanggal : 17 Mei 2022

**Oleh**

**OFIK TAUPIK PURWADI**

Tempat dan Tanggal Lahir : Majalengka, 24 Juli 1970  
Lulus Sarjana Teknik Unila : 1997  
Lulus Magister Teknik Sumber Daya Air ITB: 2001

**PROGRAM DOKTOR ILMU PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2022**

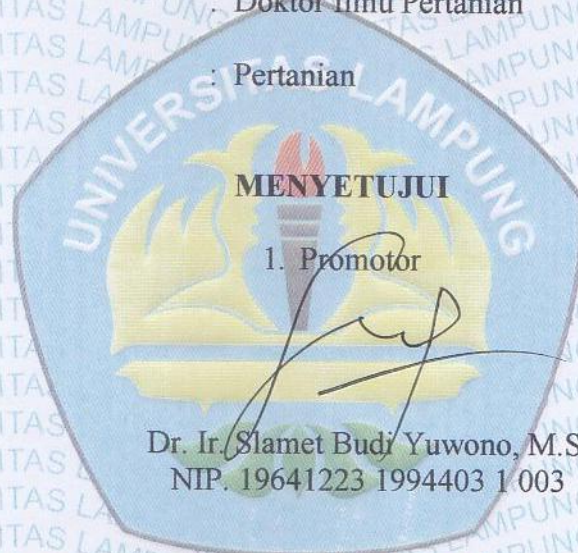
Judul Disertasi : MODEL PENGELOLAAN SUMBERDAYA AIR (SDA) BERKELANJUTAN (STUDI KASUS : PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR DI UNIVERSITAS LAMPUNG)

Nama Mahasiswa : Ofik Taupik Purwadi

Nomor Pokok Mahasiswa : 15341710030

Program Studi : Doktor Ilmu Pertanian

Fakultas : Pertanian



1. Promotor

Dr. Ir. Slamet Budi Yuwono, M.S.  
NIP. 19641223 1994403 1 003

2. Co-Promotor

Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc.  
NIP. 19611211 198703 1 004

Dr. Dyah Indriana K, S.T., M.Sc.  
NIP. 19691219 199512 2 001

3. Ketua Program Studi Doktor Ilmu Pertanian

Dr. Ir. Slamet Budi Yuwono, M.S.  
NIP. 19641223 1994403 1 003

## MENGESAHKAN

### 1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Ir. Slamet Budi Yuwono, M.S.

Co-Promotor 1 : Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc.

Co-Promotor 2 : Dr. Dyah Indriana K, S.T., M.Sc.

### 2. Dekan Fakultas Pertanian

Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si

NIP 19611020 198603 1 002

### 3. Direktur Program Pascasarjana

Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T.

NIP 19710415 199803 1 005

Tanggal Lulus Ujian Disertasi: 17 Mei 2022



## PERNYATAAN ORISINALITAS DISERTASI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya di dalam disertasi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Bandar Lampung, 17 Mei 2022

Yang Menyatakan



OFIK TAUPIK PURWADI  
NPM 1534171003

## SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena berkat Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Disertasi yang berjudul ***“Model Pengelolaan Sumber Daya Air (SDA) Berkelanjutan, Studi Kasus : Pengelolaan Sumber Daya Air di Universitas Lampung”***. Disertasi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Doktor pada Program Studi Doktor Ilmu Pertanian, Fakultas Pascasarjana Universitas Lampung. terselesaikannya penulisan Disertasi ini tidak terlepas dari hambatan yang datang baik dari dalam diri penulis sendiri dan dari luar. Penulisan Disertasi ini juga tidak lepas dari bimbingan dan bantuan serta petunjuk dari berbagai pihak. Oleh karena itu Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Karomani, M.Si., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Dr. Ir Irwan Sukri Banuwa, M.S., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T., selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung.
4. Dr. Ir. Slamet Budi Yuwono, M.P., selaku Promotor, yang telah meluangkan waktu, memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran dan ide-ide dan saran selama penyusunan Disertasi ini.
5. Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc., selaku Ko-Promotor, atas kesediaan memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran dan ide-ide serta saran selama penyusunan Disertasi ini.
6. Dr. Dyah Indriana K, S.T., M.Sc., selaku Ko-Promotor, yang telah memberikan kritikan dan masukan dalam penyempurnaan Disertasi ini;
7. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan kepada penulis selama menjadi mahasiswa di Program Doktor

Ilmu Pertanian Universitas Lampung Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;

8. Dian Purwantini, M. Hafidz Ramadhan, M. Hafidz Abdul Hanif dan Zakky Purwasih Ramadhani, yang telah mendukung Penulis dalam menyelesaikan Disertasi ini.
9. Semua pihak yang telah membantu penulis tanpa pamrih yang tidak dapat disebutkan satu persatu, semoga kita semua berhasil dalam menggapai harapan dan cita-cita. **Aamiin ya robbal alamin.**

Apabila terdapat kekurangan dalam penulisan maupun pada penyusunan Disertasi ini, maka penulis selalu membuka sumbang saran dan kritik dari pembaca yang sifatnya membangun dalam menyempurnakan penyajian Disertasi ini. Semoga karya sederhana ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 17 Mei 2022

Ofik Taupik Purwadi

## ABSTRAK

Isu tentang pemanasan global (*global warming*) dan perubahan iklim (*climate change*) telah merubah paradigma berfikir terhadap konsep pengelolaan sumber daya air. Parameter iklim (*temperature* dan *presipitasi*) diprediksikan akan berubah pada masa mendatang, secara signifikan akan mempengaruhi sektor sumberdaya air. Proses terjadinya perubahan iklim sudah terjadi dari sejak dulu dan bukan hal yang baru.

Peningkatan intensitas hujan dan musim hujan yang semakin pendek telah mengakibatkan meningkatnya *intensitas* dan *frekuensi* banjir, karena melimpahnya air yang tidak bisa ditampung oleh sungai, saluran air dan waduk. Berkurangnya waktu hujan dan bertambah panjangnya periode musim kemarau telah mengakibatkan berkurangnya persediaan air permukaan. Pengambilan air tanah yang tak terkontrol di daerah perkotaan/industri telah mengakibatkan *land subsidence* (penurunan muka tanah) dan *intrusi* air laut. Hal ini akan menambah luas daerah rawan banjir dan kelangkaan air minum.

Terbatasnya jumlah bangunan waduk diperkirakan hanya dapat menampung  $\pm 5\%$  dari jumlah total *run off* permukaan tahunan dan sisanya sekitar  $\pm 95\%$  dari total jumlah *run off* terbuang langsung ke laut. Untuk memanfaatkan sisa *run off* yang terbuang langsung ke laut, diperlukan usaha pemanfaatan. Bentuk pemanfaatan *run off* dapat dilakukan dengan cara menampung langsung *run off* yang jatuh kepermukaan bumi atau meyerapkan air kedalam tanah. Teknologi ini cukup efektif untuk mengurangi potensi banjir dan meningkatkan cadangan air tanah melalui pemanfaatan air hujan. Metode ini dikenal dengan metode pemanenan air hujan (*Rainwater Harvesting*) yaitu mencegah atau meminimalkan air yang hilang sebagai aliran permukaan dan menyimpannya semaksimal mungkin ke dalam bumi. Rain water harvesting merupakan bagan dari pengelolaan sumberdaya air berkelanjutan.

Model aliran *runoff* yang diterapkan di Universitas Lampung adalah konsep *drainase* berwawasan lingkungan untuk mendukung sistem pemanenan air hujan terpusat (*off site rainwater harvesting*). Konsep dasar model aliran *run off* tersebut terbagi atas : Aliran yang mengalir menuju ke arah embung konservasi (A) Rusa; aliran yang mengalir menuju ke embung konservasi (B) Rusunawa; Aliran mengalir menuju ke arah embung konservasi (D) dan aliran yang mengalir ke arah embung konservasi (C) di wilayah Fakultas Kedokteran. Kemudian mengalir menuju ke arah anak sungai Way Kandis.

Simulasi aliran air tanah menggunakan MODFLOW dan *ModelMuse* berhasil memodelkan dinamika muka air tanah dengan mengasumsikan laju recharge



dan *evapotranspirasi* yang konstan. Model ini telah dijalankan untuk 4 stres *period* yaitu *steady-state* hingga 2000, transient 2010, 2020 dan 2030. Validasi model simulasi dengan data observasi sumur menggunakan RSME berkisar antara 0.84 – 0.96. Hasil ini sesuai dengan kriteria model yang dapat diterima dalam penelitian ini. Hasil perhitungan model menampilkan penurunan *head* air tanah mencapai > 8 m dengan kurun waktu 30 tahun. Berdasarkan sebaran perbedaan *head* air tanah, penurunan level air tanah didominasi oleh lokasi sumur dalam. Pemodelan *forecasting* 10 tahun pada pengujian sumur dalam menunjukkan penurunan signifikan pada *groundwater level* di area sekitarnya. Temuan ini menjadi informasi penting dalam penanganan sumber daya air tanah di area tersebut termasuk di Utara Bandar Lampung dan Kawasan Universitas Lampung. Beberapa evaluasi yang dapat dilakukan adalah pemetaan kepentingan Rekayasa *groundwater storage* sangat diperlukan apabila pemenuhan kebutuhan air memakai sumur dalam.

Kata kunci : *pengelolaan, sumberdaya air, berkelanjutan*

## **ABSTRACT**

*Global warming and climate change issues have changed the paradigm of thinking on the concept of water resource management. Climate parameters (temperature and precipitation) are predicted to change in the future, significantly affecting the water resources. The process of climate change has been going on for a long time on the earth.*

*The increase in rainfall intensity and the shorter rainy season have increased the intensity and frequency of floods, due to the abundance of water that cannot be accommodated by rivers, waterways, and reservoirs. The reduced rainy season and the long dry season have resulted in reduced surface water supplies. Uncontrolled groundwater extraction in urban/industrial areas has resulted in land subsidence and seawater intrusion. This will increase the area's prone of flooding and the scarcity of drinking water.*

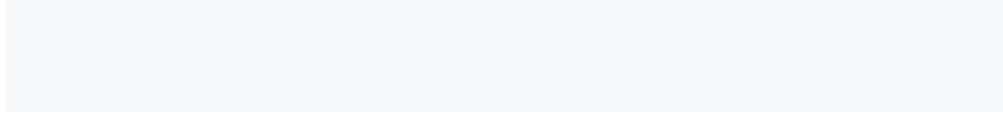
*The limited number of reservoir buildings is estimated to only be able to accommodate + 5% of the total annual run-off and the remaining + 95% of the total run-off is wasted directly into the sea. To take advantage of the remaining run-off that is thrown directly into the sea, an effort is needed to utilize it. The form of run-off utilization can be done by directly accommodating run-off that falls to the earth's surface or by absorbing water into the ground. This technology is quite effective in reducing the potential for flooding and increasing groundwater reserves through the use of rainwater. This method is known as the rainwater harvesting method, which is to prevent or minimize water lost as surface runoff and store it as much as possible in the earth. Rainwater harvesting is part of sustainable water resource management.*

*The surface runoff flow model applied at the University of Lampung is an environmental drainage concept to support off-site rainwater harvesting system. The run-off flow model has divided into its flows toward the conservation reservoir (A) Deer; its flows to the conservation reservoir (B) Rusunawa; its flows toward the conservation pond (D) and its flows toward the conservation pond (C) in the Faculty of Medicine area. Then it flows toward the Way Kandis river.*

*Groundwater flow simulation using MODFLOW and Model Muse was successful in modeling the dynamics of the groundwater table with assuming constant recharge and evapotranspiration rates. This model has been run for 4 stress periods, namely steady-state until 2000. transient 2010. 2020 and 2030. Validation of the simulation model with well observation data using RSME ranges from 0.84 – 0.96. The results show that the groundwater head reduction reaches > 8 m over a period of 30 years. Based on the distribution of groundwater head differences, the decrease in groundwater level is dominated by deep wells location. The 10-year forecasting modeling on deep well testing shows a significant decrease in groundwater level in the surrounding area. It becomes*

*important information to increase groundwater resources management in the north of Bandar Lampung and the University of Lampung area. Evaluations are important, they can be carried out the groundwater storage mapping if we use deep wells.*

*Keyword : management, water resources, sustainability*



## DAFTAR ISI

Halaman

<b>HALAMANJUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN/ PENGESAHAN DISERTASI.....</b>	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN ORISINALITAS DISERTASI.....</b>	<b>iv</b>
<b>SANWACANA.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Permasalahan.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Nilai Kebaruan dan Kedalaman.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Sumber daya Air.....	6
2.2 Karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS).....	6
2.3 Hidrologi dan Keseimbangan Air.....	7
2.4 Hujan Rata-rata Daerah Aliran Sungai (DAS).....	9
2.5 Penguapan ( <i>Evapotranspirasi</i> ).....	10
2.6 Debit Banjir.....	11
2.7 Sistem Pemanenan Air Hujan ( <i>Rainwater Harvesting</i> )....	15
2.8 Sistem Drainase.....	19
2.9 Sistem Informasi Geografi (SIG).....	20
<b>BAB III KERANGKA PEMIKIRAN DAN HIPOTESIS.....</b>	<b>24</b>
3.1 Kerangka Pemikiran.....	24
3.2 Hipotesis.....	25
<b>BAB IV TAHAPAN DAN RUANG LINGKUP PENELITIAN.....</b>	<b>26</b>
4.1 Tahapan Penelitian.....	26
4.2 Ruang Lingkup Penelitian.....	27
<b>BAB V PENELITIAN 1 : MODEL RAINWATER HARVESTING TERPUSAT DENGAN MEMANFAATKAN SALURAN SISTEM DRAINASE DAN EMBUNG MENGGUNAKAN</b>	

	<b>ANALISIS GEOSPASIAL DI KAWASAN UNIVERSITAS</b>	
	<b>LAMPUNG.....</b>	<b>29</b>
	5.1.1    Pendahuluan.....	29
	5.1.2    Bahan dan Metode Penelitian.....	30
	5.1.3    Hasil dan Pembahasan.....	33
	5.1.4    Kesimpulan dan Saran.....	73
<b>BAB V</b>	<b>PENELITIAN 2 : PEMODELAN PERUBAHAN TINGGI</b>	
	<b>MUKA AIR TANAH AKIBAT PENGAMBILAN AIR</b>	
	<b>SUMUR DALAM MENGGUNAKAN MODFLOW.....</b>	<b>74</b>
	5.2.1    Pendahuluan.....	74
	5.2.2    Bahan dan Metodologi Penelitian.....	76
	5.2.3    Hasil dan Pembahasan.....	86
	5.5.4    Kesimpulan dan Saran.....	94
<b>BAB VI</b>	<b>PEMBAHASAN UMUM.....</b>	<b>95</b>
	6.1    Pembahasan Umum.....	95
	6.2    Pola Aliran.....	95
	6.3    Optimalisasi Sistem <i>Drainase</i> Di Kawasan Universitas	
	Lampung.....	98
<b>BAB VII</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>100</b>
	7.1    Kesimpulan.....	100
	7.2    Saran.....	101
	<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>102</b>
	<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 2.1	Metode Perhitungan Hujan Rata-rata berdasarkan Jumlah Pos Hujan.....	10
Tabel 2.2	Syarat Metode Hujan Rata-Rata Wilayah Berdasarkan Luas DAS.....	10
Tabel 5.1.1	Analisis Frekuensi Curah Hujan dan Data Debit Banjir Berdasarkan Periode Ulang Yang Disesuaikan Klasifikasi Saluran.....	35
Tabel 5.1.2.	Hasil analisis tinggi saluran dan tinggi muka air kapasitas penampang sistem <i>drainase</i> di Kawasan Universitas Lampung.....	53
Tabel 5.1.2.	Hasil analisis tinggi saluran dan tinggi muka air kapasitas penampang sistem drainase di Kawasan Universitas Lampung.....	54
Tabel 5.1.3.	Hasil analisis debit rencana dan debit eksisting pada kapasitas penampang Sistem Drainase di Kawasan Universitas Lampung.....	55
Tabel 5.1.4	Permasalahan Sistem Drainase di Kawasan Universitas Lampung.....	58
Tabel 5.1.5	Curah hujan rencana Log Pearson III.....	67
Tabel 5.1.6	Nilai koefisien pengaliran.....	67
Tabel 5.1.7	Intensitas Hujan dan Debit Rencana (mm/jam).....	68
Tabel 5.1.8	Volume Tampungan Embung.....	69
Tabel 5.1.9	Data Hasil <i>Flood Routing</i> Embung.....	70
Tabel 5.1.10	Data Hasil <i>Flood Routing</i> Embung.....	72
Tabel 5.2.1	parameter model <i>MODFLOW</i> .....	82
Tabel 5.2.2	Persentase kesalahan pada <i>simulation</i> model <i>steady-state</i> .....	86

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Siklus Hidrologi..... 8
Gambar 2.2	<i>Flownet</i> ..... 22
Gambar 2.3	Tahapan membuat model hidrologi..... 23
Gambar 4.1	Foto udara Universitas Lampung..... 26
Gambar 4.2	Topografi Universitas Lampung..... 27
Gambar 5.1.1	Foto Udara Universitas Lampung..... 31
Gambar 5.1.2	Bagan Alir Penelitian..... 32
Gambar 5.1.3	Sistem Drainase di Kawasan Universitas Lampung..... 34
Gambar 5.1.4 .a.	Peta Universitas Lampung hasil pengukuran Terestris.... 37
Gambar 5.1.4.b.	Peta Universitas Lampung hasil pengukuran foto udara... 38
Gambar 5.1.5	Panjang dan Lebar Bangunan hasil Pengukuran dengan menggunakan metode Terestris (a) dan Foto Udara (b)... 39
Gambar 5.1.6	Jarak Jalan dengan Pengukuran <i>Terestris</i> (a) dan <i>Foto Udara</i> (b)..... 40
Gambar 5.1.7	Luas Embung Rusa Hasil Pengukuran Terestris (a) dan Foto Udara (b)..... 41
Gambar 5.1.8	Hasil Penggambaran Peta Administrasi Universitas Lampung..... 42
Gambar 5.1.9	Foto Udara Universitas Lampung ..... 44
Gambar 5.1.10	Data ASTER DEM di Kawasan Universitas Lampung.... 45
Gambar 5.1.11	Data <i>DEM</i> di Kawasan Universitas Lampung..... 47

Gambar 5.1.12	Data Topografi di Kawasan Universitas Lampung.....	48
Gambar 5.1.13	Perkembangan Unila beberapa tahun terakhir.....	49
Gambar 5.1.14	Sistem Drainase.....	51
Gambar 5.1.15	Jaringan Jalan di Kawasan Universitas Lampung.....	52
Gambar 5.1.18	Sistem <i>Drainase Existing</i> .....	63
Gambar 5.1.19	Sistem <i>drainase</i> ke embung (A) Rusa dan embung (B) Rusunawa.....	64
Gambar 5.1.20	Sistem Drainase ke Embung (D) Fakultas Teknik.....	65
Gambar 5.1.21	Sistem Drainase ke Embung (C) Fakultas Kedokteran....	66
Gambar 5.1.22	Konektivitas Sistem Drainase dan Embung.....	71
Gambar 5.2.1	Lokasi penelitian di Utara kota Bandar Lampung.....	77
Gambar 5.2.2	Elevasi (kiri) dan geologi (kanan) daerah penelitian.....	79
Gambar 5.2.3	Daerah batas yang digunakan dalam <i>ModelMuse</i> .....	84
Gambar 5.2.4	Validasi RMSE pada model simulasi (a) steady state (b) transient 2010 (c) dan transient 2020.....	88
Gambar 5.2.5	Distribusi Tinggi tekanan hidrolik (m) pada model area in 2000 (a) 2010 (b) 2020 (c) dan 2030 (d).....	90
Gambar 5.2.6	Simulasi penurunan kedalaman <i>groundwater</i> .....	91
Gambar 5.2.7	Perubahan tinggi <i>groundwater</i> yang disimulasikan di Bandar Lampung bagian utara setelah 30 tahun.....	93



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Isu tentang perubahan suhu dan intensitas hujan yang terjadi di dunia (*climate change*) sudah merubah paradigma berpikir terhadap konsep pengelolaan sumber daya air. Parameter iklim (*temperature* dan *presipitasi*) diprediksikan akan berubah pada masa mendatang. Kenaikan suhu dan temperatur akan mempengaruhi kondisi *meteorologis* dan *hidrologis*. Sehingga dampak yang terjadi adalah meningkatnya curah hujan (*presipitasi*) dan meningkatnya penguapan (*evapotranspirasi*). Proses terjadinya perubahan iklim bukan hal yang baru, sudah terjadi dari sejak dahulu. Penyebab utama perubahan iklim adalah perilaku manusia (90%) yang menyebabkan temperatur bumi semakin panas sehingga es yang menyelimuti bumi menjadi cair. Peningkatan intensitas hujan pada musim hujan yang mengakibatkan meningkatnya intensitas dan frekuensi banjir, meningkatnya erosi dilereng bukit dan sedimentasi/pendangkalan di bagian hilir (Trabucco *et al.*, 2010).

Meningkatnya muka air laut yang telah mengakibatkan gangguan pada daerah rendah (*low laying areas*). Gangguan meningkatnya muka air laut diantaranya adalah Intrusi air laut yang dapat mengancam sumber air minum, terendamnya prasarana dan sarana ekonomi dan sosial yang menunjang kehidupan daerah pantai, tenggelamnya jaringan irigasi dan sawah irigasi, terendamnya jaringan jalan dan jembatan, terendamnya jaringan air minum, terendamnya permukiman dan terganggunya panorama & sarana wisata pantai. Meningkatnya badai dan gelombang tinggi telah mengakibatkan *abrasi* pantai, menambah tinggi dan luasnya genangan di dataran rendah, rusaknya sarana dan prasarana ekonomi dan sosial, rusak dan tergenangnya prasarana dan sarana untuk transportasi darat, rusak dan terganggunya jadwal sarana dan prasarana transportasi laut (Nicholls *et al.*, 2007)

Kepastian tentang besarnya bahaya akibat pemanasan global dan perubahan iklim semakin jelas. Masuknya perubahan awal musim dan sering terjadinya hujan akan merubah pola tanam pertanian yang ada. Indonesia adalah salah satu negara yang memiliki sumber daya alam melimpah dengan tingkat kerusakan lingkungan yang tinggi. Indonesia sebagai negara tropis juga merupakan salah satu negara yang paling rentan terhadap dampak negatif perubahan iklim (Legionosuko *et al.*, 2019).

Selama waktu 10 tahun terakhir telah terjadi perubahan iklim yang disebabkan oleh fenomena *ENSO (el nino southern oscillation)* dengan tanda-tanda yang muncul berupa anomali perubahan suhu udara yang sangat mencolok, merupakan kondisi kenaikan dan penurunan suhu permukaan laut di Samudra Pasifik sehingga menyebabkan pergeseran musim di wilayah Indonesia, dan yang sangat rentan terhadap fenomena *ENSO*, karena terletak di belahan bumi dengan iklim *Monsoon*. Selain menyebabkan terjadinya fenomena *El Nino*, *ENSO* juga menyebabkan terjadinya *La Nina* yang ditandai dengan intensitas hujan yang sangat tinggi (Nabilah *et al.*, 2017).

Fenomena *El Nino* menyebabkan beberapa daerah di Indonesia mengalami kekeringan, sedangkan fenomena *La Nina* menyebabkan musim hujan lebih lama daripada musim kemarau, sehingga hampir di sebagian wilayah Indonesia mengalami bencana banjir.

Oleh sebab itu diperlukan suatu adaptasi untuk menghadapi akibat yang ditimbulkan oleh fenomena diatas. Salah satu bentuk adaptasi yang mudah diterapkan adalah bagaimana bisa menahan selama mungkin air hujan, memanfaatkan air hujan yang turun ke permukaan bumi, diresapkan ke dalam tanah dan digunakan pada saat musim kemarau.

Tantangan yang dihadapi pada masa sekarang dan yang akan datang adalah bahwa semua waduk/ bendungan yang telah direncanakan dan dibangun hanya untuk menahan aliran permukaan dan berdasarkan data historis hidrologi, tetapi belum memperhitungkan dampak perubahan iklim. Kejadian ekstrem seperti curah hujan tinggi yang mungkin terjadi di luar batas toleransi kapasitas bendungan akan dialami oleh kita. Hal tersebut membutuhkan kaji ulang terhadap bangunan

waduk/bendungan dan perlengkapannya. Di sisi lain, pembangunan bendungan atau bangunan air hanya digunakan untuk menampung aliran alami (sungai). (IPCC, 2014)

Sementara itu *run-off* dari hujan yang terjadi di DAS belum mendapat perhatian, *run-off* yang ada hanya dialirkan menuju badan air dan langsung dialirkan menuju ke laut. Untuk memanfaatkan sisa *run-off* yang langsung terbuang ke laut, perlu dilakukan suatu usaha pemanfaatan. Bentuk usaha pemanfaatan *run-off* yang biasa dilakukan adalah dengan cara ditampung secara langsung. *Run-off* yang jatuh di permukaan bumi langsung diserapkan ke dalam tanah. Pemanfaatan *run-off* dengan cara yang pertama dapat dilakukan langsung oleh masyarakat dan air hasil tampungan dapat digunakan kembali. Cara yang kedua dilakukan dengan menampung air hujan yang sudah jatuh ke permukaan tanah dikumpulkan ke dalam tampungan air hujan atau kolam, kemudian diresapkan ke dalam tanah. Pemanfaatan air hujan yang lazim digunakan adalah waduk atau embung (kolam resapan), sumur resapan atau biopori. Cara ini cukup efektif untuk mengurangi banjir dan meningkatkan cadangan air tanah. Cara-cara tersebut di atas merupakan prinsip dari pemanenan (pemanfaatan) air hujan atau *rainwater harvesting*. Prinsip *rainwater harvesting* adalah untuk meminimalkan air aliran permukaan yang hilang dan menyimpannya dengan semaksimal mungkin ke dalam bumi (Suripin, 2004)

Pada awalnya, masyarakat telah melakukan *rainwater harvesting* dengan cara mengumpulkan air di dalam tempat penampungan. Hasil *rainwater harvesting* sangat banyak digunakan, seperti untuk mencuci, mengairi ladang, mandi, memasak serta untuk keperluan air minum. Metode *rainwater harvesting* seperti ini gencar dilakukan pada saat sekarang, menjadi alternatif yang sangat berguna bagi ketersediaan air di sumur, sungai dan danau. Akibat dari menurunnya kualitas air sumur ataupun suplai air bersih dari PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum) yang kerap kali bocor dan tercemar akibat dari ulah manusia, telah menyebabkan semakin banyaknya komunitas di dunia yang kembali ke alternatif *rainwater harvesting* (Liaw and Tsai, 2004).

Universitas Lampung adalah wilayah yang merupakan bagian dari DAS (Daerah Aliran Sungai) Kandis, mempunyai pertumbuhan pembangunan fisik (gedung) yang pesat. Akibat bertambahnya *civitas akademik* telah berdampak terhadap meningkatnya kebutuhan air. Sehingga sumber daya air permukaan dan air tanah yang digunakan harus mencukupi kebutuhan sehari-hari baik kualitas, kuantitas dan kontinuitas. Selain untuk memperbaiki pengelolaan sumber daya air, metode ***rainwater harvesting*** merupakan alternatif dan model pengelolaan sumber daya air berkelanjutan yang akan dilakukan di kawasan Universitas Lampung berbasis digital.

**Model Pengelolaan Sumberdaya Air (SDA) Berkelanjutan** adalah bentuk pengelolaan sumber daya air yang tepat untuk meningkatkan pengelolaan sumber daya air berbasis digital yang dibuat dalam bentuk *SIG (Sistem Informasi Geografis)* di Kawasan Universitas Lampung.

## **1.2 Rumusan Permasalahan**

1. Bagaimana strategi pemanfaatan *run off* di Universitas Lampung untuk meningkatkan cadangan sumber daya air ?
2. Bagaimana membuat pemodelan sumber daya air di Universitas Lampung ?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Membuat model pemanenan air hujan terpusat di Universitas Lampung.
2. Membuat model aliran air tanah di area Universitas Lampung.
3. Membuat model pengelolaan sumber daya air berkelanjutan.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Hasil dari penelitian ini dapat memiliki manfaat bagi Universitas Lampung untuk mengetahui kondisi sumber daya air di Universitas Lampung, menentukan arah kebijakan pengelolaan lingkungan untuk melakukan konservasi sumber daya air di Kawasan Universitas Lampung. Membantu mengatasi banjir yang terjadi di wilayah bagian hulu (Rajabasa/Pusat Belanja Ramayana) dengan membuat lancar aliran permukaan di Kawasan Universitas Lampung (bagian hilir).

## 1.5 Nilai Kebaruan dan Kedalaman

Model *Pemanenan Air Hujan Sistem Terpusat* untuk Pengelolaan Sumber Daya Air (SDA) Berkelanjutan, Studi Kasus Pengelolaan SDA di Universitas Lampung adalah suatu model *rainwater harvesting* yang menggunakan sistem terpusat (*off site*). *Rainwater harvesting* dengan sistem terpusat disebut juga dengan istilah *off site* yaitu satu kesatuan sistem *Rainwater harvesting* di suatu lingkungan berupa saluran *drainase* yang berwawasan lingkungan (*ekodrainage*) baik melalui jaringan perpipaan atau saluran terbuka dan penampungan akhir yang melayani skala kawasan Universitas Lampung.

*Rainwater harvesting* dengan sistem terpusat dapat dibuat dan direncanakan dengan cara mengarahkan aliran permukaan dari hujan melalui saluran drainase. Kemudian aliran di saluran drainase tersebut dialirkan menuju suatu tempat tampungan alami atau tampungan buatan. Aliran permukaan yang telah ditampung dapat digunakan kembali atau diresapkan ke dalam tanah.

*Rainwater harvesting* dengan sistem terpusat (*off site*) akan memberikan hasil yang terbaik untuk daerah dengan kepadatan tinggi ataupun rendah karena tidak menggunakan teknologi khusus. mempunyai masa guna lebih lama karena mempunyai daya tampung yang lebih besar terhadap endapan sedimen yang terjadi dapat menampung semua air hujan (*run-off*) yang dialirkan karena menggunakan pendekatan kawasan. Sedangkan air yang tidak masuk ke saluran drainase masih tetap bisa tertampung akan akan meresap ke dalam tanah di kawasan tersebut. *Rainwater harvesting* dengan sistem terpusat (*off site*) mempunyai manfaat yang bisa diperoleh secara penuh dalam waktu jangka panjang.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Sumber daya Air**

Pengelolaan DAS adalah upaya manusia dalam mengatur hubungan timbal balik antara sumber daya alam dan manusia di dalam DAS serta segala aktivitasnya agar terwujud kelestarian dan keserasian ekosistem serta meningkatnya kemanfaatan sumber daya alam bagi manusia secara berkelanjutan.

Manajemen sumber daya air suatu daerah aliran sungai harus mempunyai strategi yang disusun berdasarkan perkembangan wilayah daerah aliran sungai tersebut. Aspek yang perlu diperhatikan dalam penyusunan strategi pengelolaan daerah aliran sungai adalah : penduduk, topografi, hidrologi, geologi dan kondisi sosial ekonomi daerah tersebut. Selain aspek di atas, aspek lingkungan, tanah dan sosial budaya juga perlu diperhatikan.

Aspek-aspek tersebut saling berhubungan secara keseluruhan dan akan menciptakan suatu kondisi yang baik. Potensi dan kendala (hambatan) dalam pengelolaan sumber daya air wilayah daerah aliran sungai akan bisa terhubung secara harmonis.

#### **2.2 Karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS)**

Menurut Undang-undang (UU) no 37 tahun 2014 tentang Konservasi Tanah dan Air disebutkan bahwa Daerah Aliran Sungai yang selanjutnya disingkat DAS adalah satuan wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungai yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alamiah, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan .

Sedangkan menurut PP no. 37 tahun 2012, Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan wilayah daratan yang memiliki satu kesatuan sungai dan anak sungai, yang berfungsi menyimpan, menampung dan mengalirkan air yang berasal dari hujan alami. DAS mempunyai karakteristik berupa ciri variabel luas, pola dan jaringan sungai.

Komponen DAS adalah batas itu sendiri, sungai utama, dan batas daerah alirannya. Batasan besar kecilnya DAS memiliki perbedaan yang sangat unik, dibedakan ke dalam daerah aliran sungai (DAS) besar, sedang dan kecil.

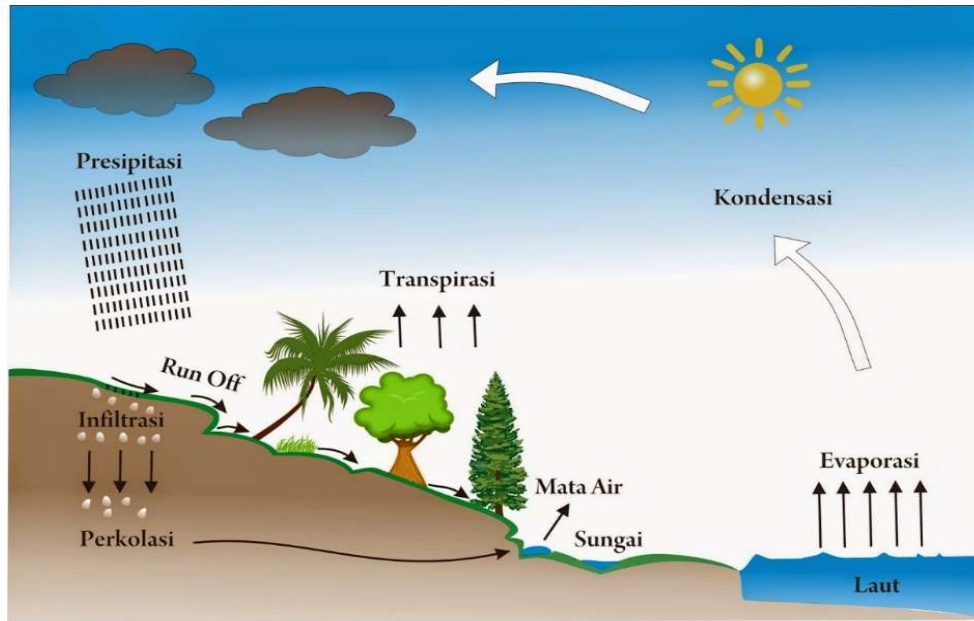
### **2.3 Hidrologi dan Keseimbangan Air**

Karakteristik mendasar dari siklus hidrologi adalah bahwa air tidak memiliki awal dan tidak memiliki akhir. Siklus air global (daur hidrologi) dapat digambarkan dengan delapan proses fisik yang besar yang membentuk gerakan air yang kontinu. Hal ini dapat dipelajari dengan memulai di salah satu proses berikut : *evaporasi* dan *transpirasi*, *kondensasi*, *presipitasi*, *surface run off*, *infiltrasi*, *perkolasi*, limpasan dan penyimpanan.

Uap yang dihasilkan dibawa oleh udara bergerak dan terjadi proses kondensasi membentuk awan yang pada akhirnya dapat menghasilkan *presipitasi* (hujan/ salju).

*Presipitasi* yang jatuh ke bumi menyebar dengan arah yang berbeda-beda dalam beberapa cara. Sebagian besar presipitasi tersebut untuk sementara tertahan pada tanah di dekat tempat jatuh, dan akhirnya kembali lagi ke atmosfer oleh penguapan (*evaporasi*) dan pemeluhan (*transpirasi*) oleh tanaman. Sebagian air mencari jalannya sendiri melalui permukaan dan bagian atas tanah menuju sungai, sementara lainnya menembus masuk lebih jauh ke dalam tanah menjadi bagian dari air tanah (*Ground Water*).

Karena adanya pengaruh gravitasi, baik aliran permukaan (*Surface steamflow*) maupun air dalam tanah bergerak menuju tempat yang lebih rendah yang akhirnya dapat mengalir ke laut. Dalam hal ini dapat dijelaskan juga melalui Gambar 2.1 di bawah ini.



Gambar 2.1 Siklus Hidrologi

Sumber : <http://zainalrendra.blogspot.com/2014/06/siklus-hidrologi.html>

Sumber daya air adalah air, sumber air, dan daya air yang terkandung di dalamnya. Air adalah semua air yang terdapat pada, di atas, ataupun di bawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini air tanah, air permukaan dan air hujan.

Air tanah adalah air yang bergerak dalam tanah yang terdapat di dalam ruang – ruang antara butir – butir tanah (air lapisan) yang membentuk itu dan di dalam retak – retak dari batuan disebut air celah (*fissure water*). Keberadaan air tanah sangat tergantung besarnya curah hujan dan besarnya air yang dapat meresap ke dalam tanah. Faktor lain yang mempengaruhinya adalah kondisi *litologi* (batuan) dan geologi setempat.

Pengelompokan air tanah berdasarkan letak kedalaman : Air tanah dalam adalah air tanah yang berada di bawah lapisan air tanah dangkal dan di antara dua lapisan *impermeable*. Air tanah dalam merupakan akuifer bawah yang dimanfaatkan sebagai sumber air minum penduduk kota, perhotelan, perkantoran dan industri. Air tanah dalam yang bertekanan besar dapat memancar ke permukaan tanah melalui patahan atau retakan batuan secara alami, sumber air ini disebut air



artesis. Apabila tanah digali atau dibor ke dalam mencapai akuifer bertekanan, maka air memancar melalui lubang sumur yang disebut sumur artesis. Air tanah dangkal adalah air tanah yang berada di bawah permukaan tanah dan di atas batuan *impermeable*. Air tanah dangkal merupakan akuifer atas yang disebut pula air *freatis*. Air tanah dangkal dimanfaatkan sebagai air untuk memenuhi kebutuhan sehari – hari dengan membuat sumur rumahan. Air permukaan adalah air yang berada di permukaan tanah dan dapat dengan mudah dilihat oleh mata kita. Contoh air permukaan seperti laut, sungai, danau, kali, rawa, empang, dan lain sebagainya.

Analisis hidrologi dilakukan bertujuan untuk mengetahui kondisi dan pengembangan potensi sumber daya air diantaranya adalah aliran masuk (*inflow*), rencana banjir dan tampungan.

Untuk melakukan analisis hidrologi diperlukan data-data sebagai berikut :

- Data hujan yang terdiri dari harian maksimum, bulanan dan setengah bulanan dari pos hujan terdekat.
- Kondisi penutup lahan di daerah tadah hujan.
- Data *evapotranspirasi* dan *evaporasi* yang berlaku di wilayah studi.
- Posisi lokasi rencana embung dalam bujur dan lintang geografik.
- Peta daerah lokasi yang berupa topografi berskala 1:500 sampai 1:2.000

**Kesetimbangan air (*water balance*)** adalah kondisi air yang ada pada suatu daerah tertentu. Kondisi ini dapat dihitung dengan mempertimbangkan *input*, *output* dan kapasitas tampung, sehingga nilai kapasitas tampung yang direncanakan adalah kapasitas tampung perencanaan dasar desain bangunan.

#### **2.4 Hujan Rata-rata Daerah Aliran Sungai (DAS)**

Analisis yang dilakukan terhadap presipitasi rerata DAS dilakukan sebagai rangkaian analisis hidrologi. Terdapat beberapa metode perhitungan hujan rerata DAS dalam menganalisis hidrologi, yaitu Rerata *Aljabar*, *Polygon Thiessen* dan garis kontur (*Isohyet*).

Tabel 2.1 Metode Perhitungan Hujan Rata-rata berdasarkan Jumlah Pos Hujan

Pos Hujan dengan Jumlah cukup	I, T, A
Pos Hujan dengan Jumlah terbatas	T, A
Pos Hujan dengan Jumlah tunggal	Metode menggunakan hujan tunggal satu titik
<b><i>I = Isohyet, T = Thiessen, A = Aritmatik</i></b>	

Sumber : Suripin. (2004)

Tabel 2.2 Syarat Metode Hujan Rata-Rata Wilayah Berdasarkan Luas DAS.

No.	Ukuran DAS	Metode yang digunakan
1	>5000 km <sup>2</sup>	I
2	500 < DAS < 5000 Km <sup>2</sup>	T
3	< 500 Km <sup>2</sup>	A, T
<b><i>I = Isohyet, T = Thiessen, A = Aritmatik</i></b>		

Sumber : Suripin. (2004)

## 2.5 Penguapan (*Evapotranspirasi*)

Nilai penguapan (*evapotranspirasi*) telah direkomendasikan oleh FAO untuk dipakai dengan menggunakan Persamaan (*rumus*) *Blaney Cridle*, *Radiasi* dan *Penman*. Persamaan (*rumus*) tersebut telah dikembangkan untuk menghitung *evapotranspirasi* potensial.

Nilai *evapotranspirasi* adalah penguapan total hasil gabungan antara *evaporasi* dan *transpirasi*. Pengertian *evaporasi potensial* adalah air yang menguap dari permukaan tanah yang digunakan oleh tanaman untuk berkembang. (Suhardjono, 1994).

Persamaan (*rumus*) *Penman* (Talitha, 2010) digunakan untuk menghitung nilai *Evapotranspirasi*, dapat disajikan dalam (*rumus*) di bawah ini :

$$ET_o = c\{W \cdot R_n + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (e_a - e_d)\}$$

Dengan :

Eto = penguapan total (*evapotranspirasi*) tanaman awal dalam mm/hari

- c = bilangan yang digunakan sebagai angka koreksi, sebagai kompensasi akibat cuaca siang dan malam.
- W = angka koreksi dari nilai penyinaran matahari.
- (1-W) = angka koreksi terhadap kecepatan angin dan kelembaban.
- (ea-ed) = selisih dari perbedaan nilai *pressure*, dimana nilai *ed* adalah nilai *ea*.  $R_H$  dan nilai kelembaban udara di notasikan sebagai  $R_H$  dalam % dan nilai  $R_n$  dalam mm/hari
- $R_n$  = nilai Radiasi penyinaran matahari dalam perbandingan penguapan atau radiasi matahari bersih disajikan dalam tabel *Penman* dalam mm/hari.

## 2.6 Debit Banjir

### Analisis Frekuensi

Perhitungan dalam analisis frekuensi hujan rencana sangat ditentukan oleh pemilihan parameter statistik yang tepat. Parameter statistik dihasilkan dari analisis data yang dilakukan. Pemilihan distribusi seperti distribusi *Normal*, *Pearson* dan *Gumbel* dalam analisis frekuensi ditentukan oleh parameter statistik yang dihasilkan (Triatmodjo, 2008).

### Tinggi dan kedalaman (Intensitas) Hujan

Intensitas hujan diartikan dalam nilai hujan per satuan waktu, yaitu nilai tinggi dan kedalaman hujan. Karakteristik hujan selalu ditandai oleh intensitas dan periodenya. Semakin pendek durasi waktu terjadinya hujan, semakin tinggi intensitasnya, semakin lama waktu muncul kembali, semakin tinggi intensitasnya. Untuk menggambarkan kedalaman, tinggi hujan dan lamanya hujan biasanya digambarkan melalui sebuah kurva yaitu lengkung IDF (Triatmodjo, 2008).

Untuk membuat grafik lengkung IDF diperlukan data hujan dengan jangka waktu yang singkat (5, 10, 30, 60 dalam satuan menit). Untuk mendapatkan nilai tersebut diperlukan alat ukur penakar hujan otomatis.

Lengkung IDF juga dapat dicari dengan menggunakan persamaan di bawah ini :

### 1. Persamaan *Talbot*

Persamaan (rumus) *Talbot* pada tahun 1881 digunakan untuk membuat lengkung IDF. Persamaan (rumus) ini banyak digunakan karena sangat mudah diterapkan (*Triatmodjo, 2008*). Nilai intensitas dihitung berdasarkan nilai besaran  $a$  dan  $b$  yang ditentukan dari Persamaan (rumus) bawah ini :

$$i = \frac{a}{t+b}$$

Dimana  $t$  adalah durasi hujan dalam satuan jam-an, nilai  $i$  adalah tinggi (mm per jam) dan konstanta hujan  $a$  dan  $b$  dipengaruhi oleh lama durasi/lamanya.

### 2. Persamaan (rumus) *Sherman*

Persamaan (rumus) *Sherman* pada tahun 1905 digunakan dalam menghitung intensitas dengan durasi hujan lebih dari 2 (dua) jam (*Triatmodjo, 2008*). Persamaan (rumus) *Sherman* ditulis dalam bentuk :

$$i = \frac{a}{t+n}$$

Dimana  $t$  adalah durasi hujan dalam satuan waktu (jam),  $i$  adalah intensitas hujan dalam mm/jam dan nilai konstanta  $a$  &  $n$ .

### 3. Persamaan (rumus) *Ishiguro*

Intensitas Hujan juga dapat dicari melalui Persamaan *Ishiguro* pada tahun 1953 (*Triatmodjo, 2008*). adapun rumusnya sebagai berikut :

$$i = \frac{a}{b + \sqrt{t}}$$

$$i = \frac{a}{t+b}$$

Dimana  $t$  adalah durasi hujan dalam satuan jam-an, nilai  $i$  adalah tinggi (mm per jam) dan konstanta hujan  $a$  &  $b$  dipengaruhi oleh lama durasi/lamanya.

### 4. Persamaan (rumus) *Mononobe*

Selain Persamaan *Talbot*, Persamaan *Sherman* dan Persamaan *Ishigura*. Intensitas hujan juga dapat dicari dengan menggunakan Persamaan *Mononobe* (Triadmodjo, 2008). Persamaan ini digunakan apabila tidak tersedianya data hujan dengan durasi pendek dan hanya memiliki data hujan harian. Sehingga intensitas hujan dapat diperhitungkan dengan Persamaan *Mononobe* sebagai berikut :

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

Dimana  $t$  adalah durasi hujan dalam satuan jam,  $R_{24}$  adalah curah hujan maksimum dalam satuan mm dan  $i$  adalah intensitas hujan dalam satuan mm/jam.

### **Analisis Debit Banjir Rancangan (*Design Flood*)**

Analisis debit merupakan langkah awal yang dilakukan dalam merencanakan bangunan pengairan. Nilai besaran atau informasi yang dihasilkan dari analisis ini merupakan nilai yang sangat penting terhadap nilai-nilai perekayasaan. Nilai perekayasaan dapat dinyatakan dalam bentuk kelayakan, seperti : kelayakan teknis, pemilihan tipe dan jenis konstruksi, kelayakan ekonomis dan lingkungan. Kelayakan tersebut dijadikan pertimbangan dalam menentukan tinjauan terhadap pembiayaan dan keamanan bangunan dan lingkungan. Untuk menghasilkan hasil analisis debit rancangan perlu diperhatikan beberapa faktor sebagai berikut, yaitu : faktor pemahaman terhadap jenis, sifat dan karakteristik DAS, pemilihan metode dan analisis dan tingkat risiko yang diperhitungkan (Suripin, 2004).

Berdasarkan uraian di atas, perlu dicari alternatif solusinya untuk mengantisipasi banjir pada musim penghujan. Perlu dilakukan upaya untuk menciptakan sistem drainase terpadu.

Pengendalian aliran di atas tanah juga perlu dilakukan untuk mengoptimalkan sistem drainase air permukaan yang sudah ada. Untuk itu, evaluasi jaringan dan kapasitas saluran juga perlu dianalisis, agar kemampuan sistem drainase yang ada dapat diketahui dengan baik. Pengendalian air permukaan secara infiltrasi dilakukan dengan cara menyimpan air ke dalam tanah melalui metode pemanfaatan air hujan dengan cara infiltrasi melalui sumur resapan, kolam

resapan atau lubang resapan biopori. Tanah akan menahan air hujan dalam lubang pori-pori tanah dan dapat dimanfaatkan di musim kemarau.

Secara teoritis debit rencana didefinisikan sebagai besaran air yang mengalir dalam tahun ulang tertentu. Disajikan dalam satuan waktu tahun. Rumus/persamaan yang digunakan untuk mendapatkan debit rencana dalam perencanaan sistem drainase adalah Persamaan *Weduwen*, Persamaan *Hasper* dan Persamaan *Rasional* (Suripin, 2004).

Persamaan-persamaan tersebut mempunyai syarat tertentu. Persamaan *Rasional* mempunyai syarat batas luas DAS kurang dari 60 km<sup>2</sup>. Persamaan *Weduwen* mempunyai syarat Luas DAS kurang dari 10.000 Ha (seratus km<sup>2</sup>) dan Persamaan *Hasper* memiliki persyaratan yaitu luas DAS kurang dari 300 km<sup>2</sup>.

Menurut *Suripin* (2004), Persamaan *Rasional* dalam menentukan debit rancangan, mempunyai persamaan :

$$Q_r = C \times I \times A$$

Selain Persamaan *rasional*, Persamaan ini adalah persamaan untuk mengetahui besaran nilai debit rencana (Suripin, 2004), digunakan Persamaan *Haspers* yang mempunyai persamaan :

$$Q_r = \alpha \times \beta \times q \times A$$

Persamaan *Weduwen* digunakan untuk mencari debit rancangan (Suripin, 2004), mempunyai persamaan :

$$Q_r = \alpha \times \beta \times q_n \times f$$

Dengan  $Q_r$  merupakan debit yang dicari dalam satuan waktu (kala ulang),  $C$  merupakan nilai aliran (koefisien), Intensitas dalam  $I$  dan luasan DAS dalam  $A$  dengan satuan Km<sup>2</sup>,  $\alpha$  adalah nilai koefisien, limpasan air hujan,  $\beta$  koefisien pengurangan luas daerah hujan,  $q$  adalah intensitas maksimum hujan rata-rata yang jatuh dalam satuan m<sup>3</sup>/det/Km,  $q_n$  adalah nilai curah hujan dalam satuan mm/jam dan  $f$  adalah luasan DAS (satuan Km<sup>2</sup>).

## **Analisis HEC-RAS Sistem Drainase**

Simulasi merupakan cara dalam menganalisis suatu fenomena yang terjadi dalam suatu bangunan nyata yang ditirukan dalam suatu model matematika berbasis digital. Model matematika akan menggambarkan dan menirukan fenomena fisik dari saluran Sistem Drainase yang ada melalui persamaan-persamaan matematika yang menjelaskan hubungan antara variabel-variabel aliran dalam suatu Sistem Drainase. Model matematika yang digunakan untuk menganalisis tentang saluran terbuka adalah HEC-RAS.

Variabel yang digunakan melingkupi variabel geometrik, variabel kenematik dan variabel dinamik. Hasil yang diperoleh dari pemodelan matematik adalah parameter yang didapat dari hasil perhitungan atau penyelesaian matematika. (Suripin, 2004).

### **2.7 Sistem Pemanenan Air Hujan (*Rainwater Harvesting*)**

Sistem pemanenan air hujan (*rainwater harvesting*) merupakan metode yang tidak membutuhkan teknologi tinggi, ditemukan di Yaman pada tahun 750 SM. Beberapa peninggalan *rainwater harvesting system* tersebut masih digunakan sampai sekarang. Sistem *Rainwater harvesting* kuno lainnya ditemukan di beberapa Negara yaitu Indonesia, di Mesir, Aljazair, Tunisia, Sahel, Afrika Barat, India, Cina, wilayah Turkmenistan, Amerika Utara dan Amerika Selatan. Bukti arkeologi paling purba dari sistem *rainwater harvesting* primitif diperkirakan 9000 tahun, ditemukan di Timur Tengah yaitu di kota Beidha di Yordania (Bruins, Evenari and Nessler, 1986).

Di Gurun Negev - Israel, dengan Curah hujan sekitar 100 mm (Sampai tahun 2000 SM, menunjukkan adanya praktik pertanian yang mengharuskan penggunaan air banjir untuk keperluan air Irigasi. Penerapan *Rainwater harvesting* (pemanenan air hujan) telah mendukung budidaya pertanian 4,000 ha, dari area seluas 200,000 ha, pertanian di gurun Negev berhasil ditanam gandum, barley, anggur, zaitun, kurma dan tanaman lainnya (Bruins, Evenari and Nessler, 1986).

Pada awalnya *rainwater harvesting* digunakan di lingkungan yang gersang, Dengan menggunakan *rainwater harvesting* dapat diperkirakan bahwa 3 - 5%

zona gersang yang ada di seluruh dunia dapat di kelola dengan tepat, yang setara dengan metode dan teknik irigasi tradisional yang mengambil air dari sungai, mata air atau danau (Bruins, Evenari and Nessler, 1986).

Masalah hidrologi adalah masalah utama yang dihadapi di lingkungan perkotaan. masalah hidrologi tersebut adalah pengurangan infiltrasi dan pengisian ulang (*recharge*) air tanah karena adanya daerah yang menahan air yang besar dan perubahan dalam pola limpasan permukaan dan aliran sungai. Perubahan ini menimbulkan arus puncak dan volume limpasan yang sangat besar sehingga meningkatkan risiko kejadian banjir dan mempercepat pengangkutan polutan dan endapan di daerah perkotaan. Sistem *rainwater harvesting* memiliki potensi besar sebagai metode berkelanjutan untuk mengatasi tantangan hidrologi yang dipaksakan oleh lingkungan perkotaan (Abdulla and Al-Shareef, 2009).

Pengaturan *rainwater harvesting* mengarahkan debit banjir untuk keperluan irigasi, air limpasan permukaan yang terjadi pada kejadian hujan diarahkan menuju topografi yang mengalami kekurangan air irigasi (Young *et al.*, 2002).

Sistem *rainwater harvesting* di zaman modern dipahami sebagai salah satu bentuk kegiatan mengarahkan dan mengumpulkan air hujan di permukaan bumi. terutama permukaan atap rumah (Liaw and Tsai, 2004). *Rainwater harvesting* adalah menyimpan air di *reservoir* yang diletakan bawah atau di atas tanah. Kualitas air yang dihasilkan melalui *rainwater harvesting* dipengaruhi oleh kualitas dan keadaan permukaan tempat penampungan air dan sistem pengirimannya. Air yang dihasilkan dari proses *rainwater harvesting* dapat digunakan untuk keperluan minum, penggunaan domestik dan irigasi.

Keuntungan konservasi air tanah menggunakan *rainwater harvesting* di daerah pedesaan adalah biaya yang digunakan sangat rendah, aksesibilitas dan perawatannya sangat sederhana di tingkat rumah tangga (Abdulla and Al-Shareef, 2009). Meskipun tidak mempengaruhi secara signifikan terhadap siklus hidrologi.

***Rainwater harvesting*** adalah praktik umum dan sudah lama berkembang di masyarakat, dimana hujan dikumpulkan dan disimpan agar dapat digunakan untuk skala domestik dan kecil, biasanya digunakan di pedesaan dan perkotaan. Dalam beberapa tahun terakhir *rainwater harvesting* berkembang pesat penggunaannya



di perkotaan untuk memenuhi kebutuhan air (Buhaug and Urdal, 2013).

Perubahan iklim yang terjadi seiring dengan pertumbuhan penduduk kota yang semakin meningkat menyebabkan tekanan terhadap ketersediaan sumber daya air di daerah perkotaan yang semakin meningkat (Salick *et al.*, 2014).

Lingkungan perkotaan memiliki dampak yang sangat buruk pada siklus hidrologi. Sehingga sangat diperlukan pengelolaan sistem hidrologi perkotaan berkelanjutan (Buhaug and Urdal, 2013). Pembangunan perkotaan tidak mungkin dihentikan, sehingga pertimbangan akan ketersediaan air sangat penting untuk memandu perencanaan kota bagaimana mengelola pengembangan perkotaan dengan mengurangi kerusakan pada sumber air tanah. Sistem *rainwater harvesting* digunakan untuk mengatasi tantangan terhadap kelangkaan air, terutama karena populasi dunia yang berkembang pesat dan pengaruh pemanasan global dan perubahan iklim.

Lingkungan perkotaan adalah salah satu sistem yang paling rentan terhadap kelangkaan air karena lingkungan perkotaan memiliki tekanan terhadap lingkungan yang sangat tinggi, karena terkait dengan jejak kaki ekologis yang sangat besar dan sangat bergantung pada ketersediaan air yang diambil dari sumber yang jauh, menggunakan distribusi dengan sarana infrastruktur yang besar. Sekitar 53% populasi dunia terkonsentrasi di kota-kota (>75% populasi Di Amerika Utara, Eropa dan Oceania (Salick *et al.*, 2014).

***Rainwater harvesting*** adalah pengumpulan, penyimpanan, pengiriman dan penggunaan dari air hujan untuk berbagai keperluan (Stec and Kordana, 2015). selain itu, *rainwater harvesting* ini merupakan salah satu sumber air terbarukan untuk keperluan air bersih yang ideal. Hasil dari *rainwater harvesting* ini dapat digunakan dalam keperluan pertanian domestik dengan skala kecil dan dapat ditingkatkan dalam skala yang lebih besar. Terdapat dua metode sistem *rainwater harvesting* yaitu :

### **1. *Rainwater Harvesting System***

Metode yang dilakukan untuk memanen air dan disimpan ke dalam tampungan; Menurut *Ontario Guidelines for Residential Rainwater Harvesting Systems*

*Handbook* (2012) ***rainwater harvesting system*** adalah praktik yang dilakukan sejak jaman dahulu. Praktik ini dilakukan dengan mengumpulkan dan menyimpan air hujan dan digunakan kembali. *Rainwater Harvesting System* adalah cara yang digunakan untuk menangkap air dari atap, jaringan pembawa, tangki penyimpanan air hujan, pompa dan perlengkapan lain untuk memanfaatkan air hujan.

Kebanyakan dari sistem ini juga menggabungkan teknologi *treatment* untuk meningkatkan kualitas air hujan sebelum dan/atau setelah penyimpanan dan termasuk ketentuan untuk periode pasokan air dan waktu *overflow*.

## **2. *Rainwater Harvesting System dan Recharge***

**Sistem yang** dilakukan untuk memanen air dan digunakan untuk mengisi ulang lingkungannya adalah ***Rainwater harvesting sistem dan recharge***, akan lebih efisien digunakan di daerah perkotaan dibandingkan di tempat lainnya.

Penggunaan sistem ***rainwater harvesting*** dampaknya kurang atraktif dan kurang menarik dibandingkan dengan **Sistem *rainwater harvesting and recharge*** (kurang lebih 80% di Tel Aviv). Sistem ***Rainwater Harvesting and recharge*** mempunyai potensi mendukung sistem pengelolaan air yang berkelanjutan di daerah perkotaan.

***Rainwater harvesting*** dan ***rainwater harvesting and recharge*** di lingkungan yang sudah dibangun sangat tidak praktis. Meskipun demikian, penggunaan sistem ***rainwater harvesting*** dan ***rainwater harvesting and recharge*** sangat penting dilakukan di kota yang terus tumbuh dan di daerah yang baru berkembang dengan cepat. Sistem ***rainwater harvesting*** dan ***rainwater harvesting and recharge*** digunakan untuk mengurangi dampak urbanisasi dan menjaga keseimbangan siklus air.

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 11/PRT/M/2014 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.

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

## **2.8 Sistem Drainase**

*Drainase* adalah ilmu pengetahuan yang mempelajari usaha mengalirkan air berlebih akibat suatu kegiatan pemanfaatan. Sistem *drainase* perkotaan/terapan adalah ilmu *drainase* yang khusus diterapkan pada kawasan perkotaan dengan ciri dan kekhususan masing-masing di kawasan kota (Hasmar, 2014).

Sistem *drainase* adalah salah satu sistem yang digunakan dalam membuat suatu sistem *rainwater harvesting*. Sistem *drainase* merupakan bagian dari infrastruktur air perkotaan (*storm water system*). Infrastruktur air perkotaan sendiri terdiri dari 3 (tiga) sistem infrastruktur air perkotaan, yaitu *urban water supply* sistem (*sistem* air bersih), *storm water system* (sistem drainase air hujan) dan *waste water system* (sistem sanitasi). Sistem infrastruktur air perkotaan akan saling bergantung, sehingga harus dikelola secara terpadu. Hal ini penting untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya air dan fasilitas perkotaan, menghindari duplikasi tugas dan tanggung jawab serta menjaga penggunaan sumber daya air (Haryoko, 2013).

Desain Sistem *drainase* memiliki kriteria dan sifat khusus dan keterkaitan antara variabel. Variabel yang ditambahkan dalam merencanakan sistem *drainase* perkotaan ditinjau dari berbagai aspek yaitu sarana, prasarana, sosial, ekonomi dan budaya (Suripin, 2004). Syarat yang harus dipenuhi dalam suatu sistem *drainase* adalah sebagai sistem pengumpul dan pembuang.

### **Konsep Drainase Lingkungan (*ecodrain*)**

1. Konsep sistem *drainase* penggelontoran adalah konsep sistem *drainase* yang

dulu dipakai di Indonesia (paradigma lama). Konsep sistem *drainase* penggelontoran adalah menggelontorkan air berlebih (utamanya air hujan) ke badan air terdekat. Air berlebih secepatnya dialirkan ke saluran pembuangan, kemudian ke sungai dan akhirnya ke laut sehingga tidak menimbulkan genangan atau banjir.

2. Konsep sistem *ecodrain* atau saluran *drainase* ramah lingkungan, merupakan konsep yang digunakan untuk melakukan antisipasi terhadap perubahan iklim yang terjadi sekarang, oleh sebab itu diperlukan perubahan konsep sistem *drainase* penggelontoran menuju ke konsep *drainase* ramah lingkungan atau *eco-drain* sebagai suatu model baru. Konsep sistem *drainase* ramah lingkungan didefinisikan sebagai salah satu upaya untuk melakukan pengelolaan air yang berlebih (air hujan) dengan berbagai metode menampung melalui bak tandon air, tampungan buatan dan badan air alamiah agar dapat langsung bisa digunakan.

Dengan menerapkan konsep sistem *drainase* ramah lingkungan maka kelebihan air hujan tidak akan secepatnya dibuang ke dalam aliran sungai terdekat. Air hujan tersebut dapat disimpan dengan berbagai cara, sehingga dapat langsung dimanfaatkan pada musim berikutnya atau digunakan untuk mengisi/konservasi air tanah, digunakan untuk meningkatkan kualitas ekosistem dan lingkungan serta digunakan sebagai sarana untuk mengurangi genangan dan banjir yang ada.

3. Sistem *drainase* air hujan dan limbah yang terpisah, sistem pembuangan air hujan dan air limbah domestik harus dibuat secara terpisah. Tujuannya adalah untuk memisahkan kedua jenis aliran tersebut supaya tidak tercampur. Sehingga penanganan dan pengolahannya bisa dilakukan seefisien mungkin.

## **2.9 Sistem Informasi Geografi (SIG)**

### **Pengertian Sistem Informasi Geografis**

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah Informasi digital disediakan dalam bentuk geografis. Pada saat ini SIG banyak digunakan untuk melakukan

perencanaan maupun pembangunan. Kelebihan SIG dalam menyajikan dan menganalisis data sangat berbeda dengan sistem informasi lainnya. Salah satu kemampuan SIG adalah menghubungkan, menggabungkan, menganalisis, memetakan berbagai data yang dikumpulkan (Riyanto and Indelarko, 2009).

### **Data Spasial**

Data yang sering digunakan dalam SIG adalah data spasial, mempunyai orientasi kebumihan, mempunyai referensi berdasarkan sistem geografis, titik koordinat tertentu dan mempunyai informasi pelengkap yang dinamakan *attribute* atau informasi *non spatial* (Riyanto and Indelarko, 2009).

### **Format Data Spasial**

Bentuk atau format yang digunakan dalam data yang digunakan dalam SIG adalah data *vektor* dan data *raster*. Perbedaan yang mencolok dari kedua data adalah arah dan besaran. Dalam vektor, bumi digambarkan sebagai garis-garis, luasan dan arah. Sedangkan *grid* atau *raster* dihasilkan dari struktur sel grid yang dikenal dengan istilah *pixel*. Semakin besar resolusi grid semakin banyak data yang dikumpulkan (Riyanto and Indelarko, 2009).

### **Sumber Data Spasial**

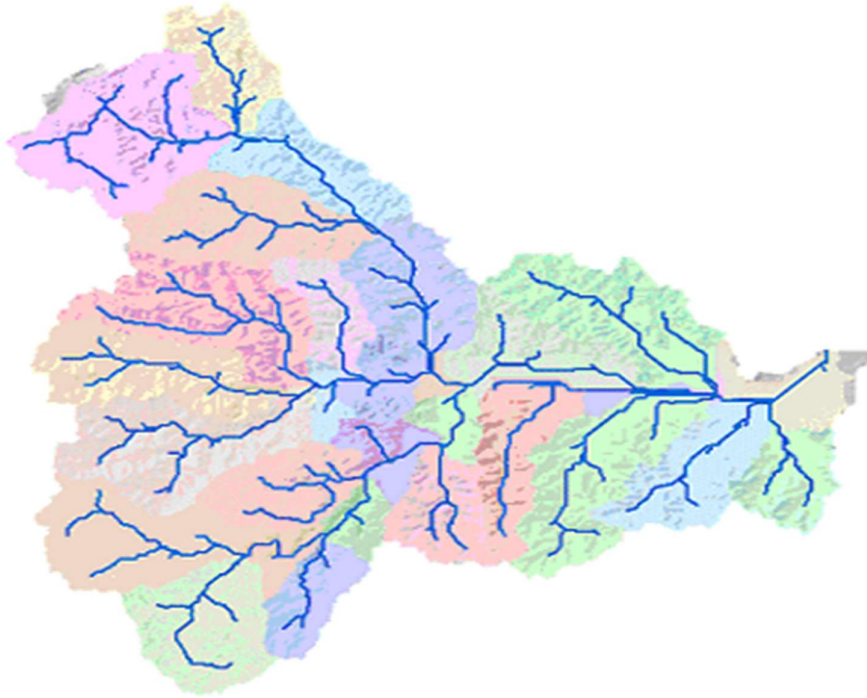
Sumber data SIG adalah peta *analog* yang dikonversi menjadi peta digital dan hasil *fotogrametri* yang telah diolah menjadi *orthofoto*. Data hasil penginderaan jauh biasanya mempunyai kelebihan dibandingkan dengan peta *analog*, karena data yang diperoleh mengandung banyak sekali informasi penting yang sangat dibutuhkan (Riyanto and Indelarko, 2009).

### **Komponen SIG**

SIG merupakan suatu sistem yang merupakan sebuah proses dimulai dari memasukkan data (*input*), manipulasi data, manajemen data, *query*, analisa data, dan *visualisasi* data (*output*) (Riyanto and Indelarko, 2009).

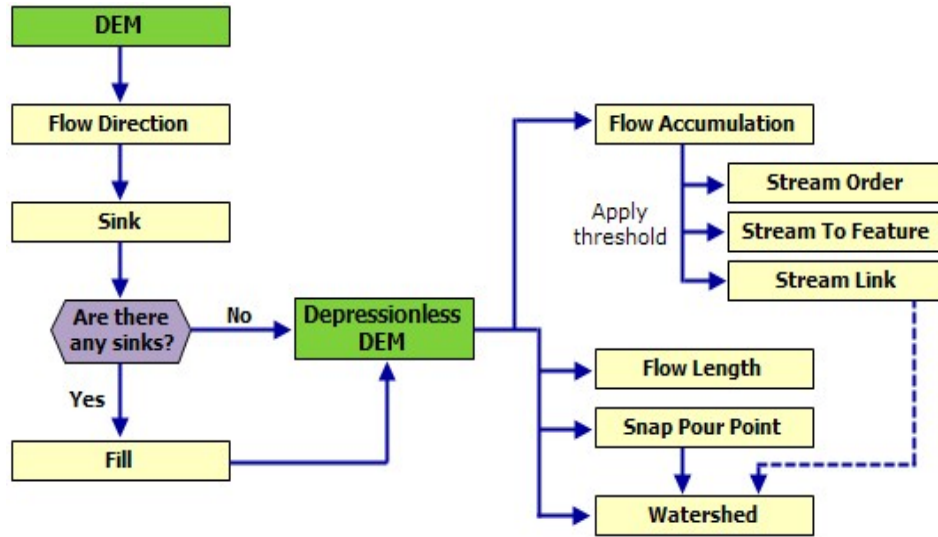
## Model Hidrologi

Ekstensi *Toolbox Spatial Analyst* atau *tools hidrologi* adalah salah satu *tool* model hidrologi dan pemodelan hidrologi yang disediakan di dalam aplikasi SIG. Digunakan untuk mengumpulkan data permukaan tanah, mengetahui arah aliran air, jumlah volume tampungan, menentukan batas kajian dan membuat *flownet* dalam suatu sistem.



Gambar 2.2 *Flownet* (ArcGIS Help. ESRI, 2014)

Gambar 2.2 adalah contoh *flownet* yang diolah dari data elevasi. Arah aliran dirancang mengalir dari elevasi tertinggi menuju elevasi yang lebih rendah. Langkah yang harus dilakukan untuk mendapatkan *flownet* dapat dijelaskan dengan tahapan yang disajikan dalam gambar 2.3



Gambar 2.3 Tahapan membuat model hidrologi. (ArcGIS Help. ESRI, 2014)

## BAB III

### KERANGKA PEMIKIRAN DAN HIPOTESIS

#### 3.1 Kerangka Pemikiran

*Run off* air hujan yang terjadi di kawasan Universitas Lampung tidak mendapat perhatian khusus. *Run off* yang ada hanya dialirkan menuju badan air dan langsung dialirkan menuju ke laut. Untuk memanfaatkan sisa *run off* yang terbuang langsung ke laut, diperlukan usaha pemanfaatan. Bentuk pemanfaatan *run off* dapat dilakukan secara langsung. *Run off* yang melimpah di atas permukaan tanah akan menyerapkan air ke dalam tanah. Pemanfaatan langsung *run off* adalah dengan membuat tangki ataupun kolam penampung. Pemanfaatan air hujan tidak langsung adalah dengan cara menyerapkan air ke tanah dengan membuat : kolam resapan (waduk/embung), sumur resapan; dan/atau lubang biopori. Teknologi ini dapat digunakan untuk meningkatkan cadangan air tanah dan mengurangi potensi banjir dengan pemanfaatan air hujan.

Teknologi *rainwater harvesting* menggunakan prinsip dasar bahwa air hujan harus dicegah mengalir langsung ke laut dan dibuat bagaimana cara menyimpan dan meresapkannya secara maksimal ke dalam tubuh bumi.

Kawasan Universitas Lampung mempunyai pertumbuhan pembangunan fisik (gedung) dan civitas akademik yang semakin pesat. hal ini akan berdampak pada pemenuhan air baku yang cukup, sehingga sumber daya air yang ada, seperti air permukaan ataupun air tanah harus mencukupi untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Upaya yang harus dilakukan adalah meningkatkan pengelolaan sumber air di lapangan dengan metode pemanenan air hujan.

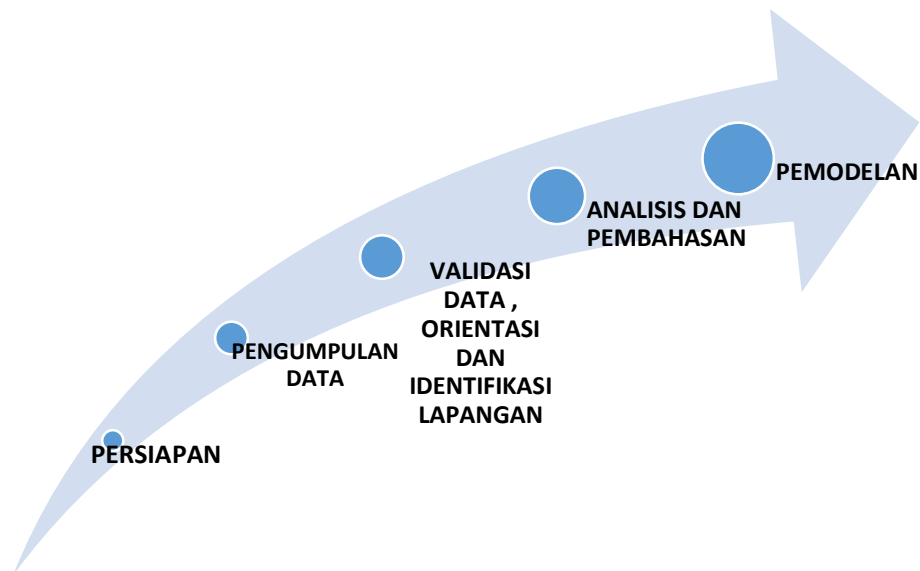


### 3.2 Hipotesis

Teknologi *rainwater harvesting* adalah suatu cara untuk menahan selama mungkin *surface run off*. Salah satu model yang akan diterapkan adalah *offsite rainwater harvesting system*. *System ini* diterapkan untuk pengelolaan sumber daya air (SDA) berkelanjutan di kawasan Universitas Lampung. Model *rainwater harvesting* yang digunakan adalah sistem terpusat (*off site*) disebut dengan sistem *offsite rain water harvesting*. *Offsite rain water harvesting* adalah satu kesatuan pengelolaan yang bersifat fisik dan non fisik dari sarana dan prasarana *rainwater harvesting* di kawasan Universitas Lampung.

*Rainwater harvesting sistem terpusat* akan memberikan hasil sangat memuaskan untuk Kawasan Universitas Lampung yang mempunyai tingkat kepadatan tinggi untuk menampung dan menyerapkan seluruh *run off*.

### 3.3 Diagram Alir Penelitian



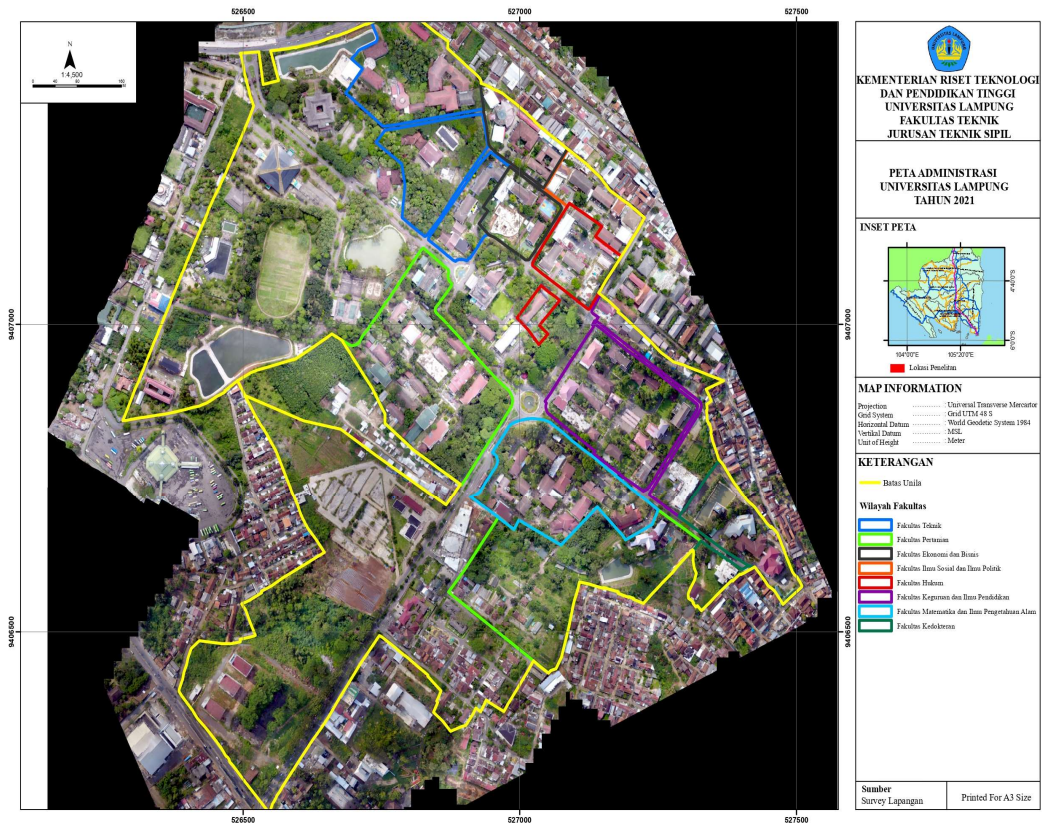
Gambar 3.1 Tahapan kegiatan

## BAB IV

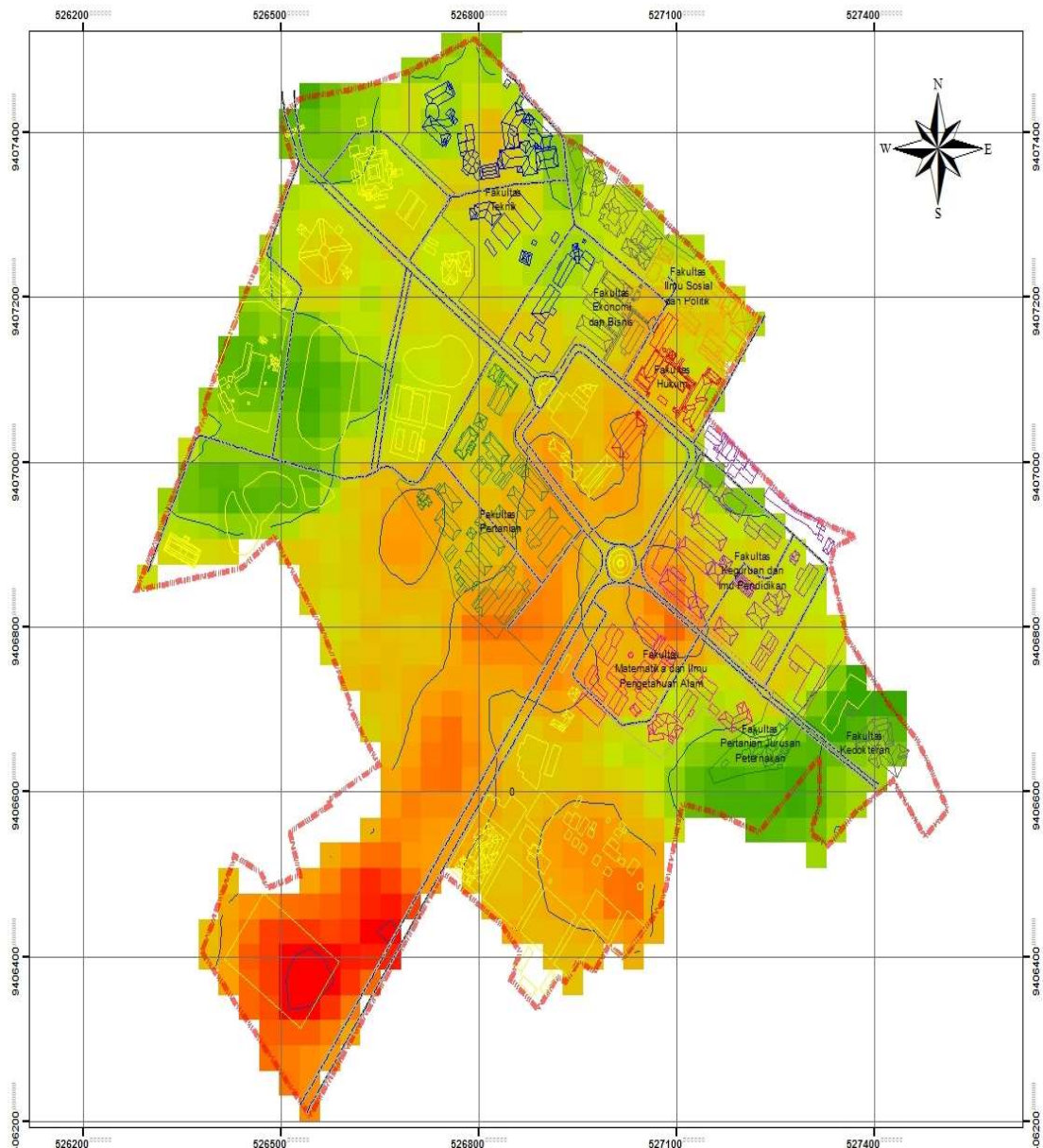
### TAHAPAN DAN RUANG LINGKUP PENELITIAN

#### 4.1 Tahapan Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di wilayah UNILA (Universitas Lampung) berlokasi di Bandar Lampung, Provinsi Lampung dengan luas wilayah +76.50 Ha. Pelaksanaan kegiatan ini dilakukan dari Juli 2018 s.d. Agustus 2021.



**Gambar 4.1** Foto udara Universitas Lampung.  
(Sumber : Pemetaan)



Gambar 4.2 Topografi Universitas Lampung.  
 (Sumber: Data elevasi modal DEM LAPAN 2017)

#### 4.2 Ruang Lingkup Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer (*citra*, pengukuran dan dokumentasi) dan data sekunder (data yang telah diambil oleh pihak lain). Data tersebut dikumpulkan dan di analisis sesuai dengan kebutuhannya

### **Alat dan Bahan**

Alat dan bahan yang digunakan adalah : perangkat komputer, alat ukur, alat dokumentasi dan *software* pendukung pengolahan SIG dan air tanah.

### **Metode Penelitian**

Metode penelitian dilakukan dengan melalui tahapan :

- Penyusunan data dan analisis sistem *drainase*
- Pengumpulan dan analisis data hidrologi.
- Pengukuran dan pengumpulan data topografi, yaitu foto udara berskala yang disesuaikan dengan kebutuhan.
- Penyusunan data dan analisis *hidrolika*
- Penyusunan data dan analisis *geoteknik* dan tanah.
- Penyusunan data dan analisis multi sektor
- Sistem *drainase* berbasis SIG

## **BAB VII**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **7.1 Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat diambil adalah :

1. Model aliran *runoff* yang diterapkan di Universitas Lampung adalah konsep *drainase* berwawasan lingkungan untuk mendukung sistem pemanenan air hujan terpusat (*off site rainwater harvesting*). Konsep dasar model aliran *run off* tersebut terbagi atas : Aliran yang mengalir menuju ke arah embung konservasi (A) Rusa; aliran yang mengalir menuju ke embung konservasi (B) Rusunawa kemudian mengalir menuju saluran di belakang Padepokan Judo Unila menuju ke arah anak sungai di wilayah Pendidikan Al-Kautsar; Aliran mengalir menuju ke arah embung konservasi (D) dan aliran yang mengalir ke arah embung konservasi (C) di wilayah Fakultas Kedokteran.
2. Simulasi aliran air tanah menggunakan MODFLOW dan *ModelMuse* berhasil memodelkan dinamika muka air tanah. Dengan mengasumsikan laju recharge dan evapotranspirasi yang konstan. Model ini telah dijalankan untuk 4 stres *period* yaitu *steady-state* hingga 2000. transient 2010. 2020 dan 2030. Validasi model simulasi dengan data observasi sumur menggunakan RSME berkisar antara 0,84 – 0,96. Hasil ini sesuai dengan kriteria model yang dapat diterima dalam penelitian ini.
3. Model pengelolaan sumber daya air berkelanjutan mulai dibuat dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Pemetaan sumber daya air Universitas Lampung dibuat dengan menggunakan perangkat lunak *ARGIS yang dikembangkan oleh ESRI*. Pemetaan sumber daya air Universitas Lampung sangat diperlukan untuk mendukung perencanaan sistem pemanenan air hujan secara terpusat yang merupakan bagian dari pemodelan sumber daya air di UNILA

## 7.2 Saran

1. Diperlukan suatu Master Plan untuk menjadi panduan dan arahan dalam mengelola sumber daya air. Sehingga arah kebijakan yang dibuat akan berkesinambungan.
2. Pemanfaatan air limpasan dari curah hujan yang tinggi dapat langsung ditampung dalam kolam-kolam yang kemudian digunakan sebagai *recharge* ke dalam sistem akuifer air tanah.
3. Beberapa evaluasi perlu dilakukan adalah pemetaan kepentingan penggunaan sumber daya air tanah atau rekayasa *groundwater storage* apabila kebutuhan air tanah sangat dibutuhkan dari sumur dalam.
4. Evaluasi teknologi *rain water harvesting* yang disimpan dalam embung-embung dan kemudian diinjeksikan ke dalam *aquifer* dapat dipertimbangkan untuk mempercepat recharge air tanah dalam akuifer.
5. Untuk mencegah bertambahnya radius area yang terdampak *drawdown* di pesisir selatan kota Bandar Lampung diperlukan tindakan yang dapat mengatasi perubahan *groundwater level* akibat pemompaan dari sumur dalam yang makin banyak di buat di kota Bandar Lampung.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akbar R. Fitra. 2018. *Pemetaan 3D Universitas Lampung Menggunakan Wahana DJI Phantom 3 Pro*, Bandar Lampung
- A. Akter and S. Ahmed, “Modeling of groundwater level changes in an urban area,” *Sustain. Water Resour. Manag.*, vol. 7, no. 1, 2021, doi: 10.1007/s40899-020-00480-x.
- Abdulla, F. A., & Al-Shareef, A. W., 2009. *Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan*. *Desalination*, 243(1), 195–207. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2008.05.013>
- Arumugam, T. Karthika, K. Elangovan, R. K. Sangeetha, and S. Vikashini, 2020. “Groundwater modelling using visual modflow in Tirupur region, Tamilnadu, India,” *Nat. Environ. Pollut. Technol.*, vol. 19, no. 4, 2020, doi: 10.46488/NEPT.2020.v19i04.008.
- A. S. Elshall et al., 2021. *Sustainability of Groundwater in Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*, 2021.
- A. Zaenudin, I. G. B. Darmawan, Armijon, S. Minardi, and N. Haerudin, 2018. “Land subsidence analysis in Bandar Lampung City based on InSAR,” in *Journal of Physics: Conference Series*, Sep. 2018, vol. 1080, no. 1, pp. 1–7, doi: 10.1088/1742-6596/1080/1/012043.
- A. Zaenudin, I. G. B. Darmawan, and G. Laimeheriwa, 2020. “2D Gravity Qualitative Modeling to Identify Bedrock and Volcanic Rocks in South Lampung Region,” *J. Ilm. Pendidik. Fis. Al-Biruni*, vol. 9, no. 1, pp. 161–175, Apr. 2020, doi: 10.24042/jipfalbiruni.v9i1.5859
- Bruins, H. J., Evenari, M., & Nessler, U. 1986. *Rainwater-harvesting agriculture for food production in arid zones: the challenge of the African famine*. *Applied Geography*, 6, 13–32. [https://doi.org/10.1016/0143-6228\(86\)90026-3](https://doi.org/10.1016/0143-6228(86)90026-3)
- Buhaug, H., & Urdal, H. 2013. *An urbanization bomb? Population growth and social disorder in cities*. *Global Environmental Change*, 23(1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.10.016>
- C. D. Langevin, J. D. Hughes, E. R. Banta, A. M. Provost, R. G. Niswonger, and S. Panday, 2021. *MODFLOW 6 Modular Hydrologic Model version*

6.2.2. U.S. Geological Survey Software Release.

- Effendi Rahmat, 2018. *Analisis Dan Design Sistem Drainase Di Lingkungan Universitas Lampung (Studi Kasus: Zona Iii Wilayah Rektorat – Fakultas Pertanian)*, Bandar Lampung.
- ESRI, 2014. *ArcGIS 10.3 Help*. Redlands.
- G. E. Susilo and T. B. Prayogo, 2019. *Rainwater Harvesting as An Alternative Source of Domestic Water in Lampung Province - Indonesia*, *TATALOKA*, vol. 21, no. 2, 2019, doi: 10.14710/tataloka.21.2.305-313.
- Handika F. Herdi, 2018. *Pengukuran Topografi dan Situasi Kampus Universitas Lampung (Fakultas pertanian, Fakultas Teknik, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Fakultas Ilmu Sosial dan Politik, Fakultas Hukum dan Rektorat, Bandar Lampung*.
- Haryoko, 2013. *Evaluasi Dan Rencana Pengembangan Sistem Drainase di Kecamatan Tanjungkarang Pusat Bandar Lampung*. Bandar Lampung.
- Hasmar, H.A. Halim. 2014. *Drainasi Terapan*, UII Press. Yogyakarta.
- IPPC, 2014. *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*.
- Jamaludin, 2018. *Analisis dan Perencanaan Sistem Drainase di Lingkungan Universitas Lampung (Studi Kasus Zona 1 : Fakultas Teknik, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Fakultas Ilmu Sosial dan Politik dan Fakultas Hukum)*, Bandar Lampung
- Kusuma T. Widi., 2018. *Analisis Dan Perencanaan Sistem Drainase Di Lingkungan Universitas Lampung (Studi Kasus Zona Ii : Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Fakultas Kedokteran Dan Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan)*, Bandar Lampung.
- L. F. May, A. Abdurrahman, H. Hariri, S. Sowiyah, and B. Rahman, 2020. *The Influence of Principal Managerial Competence on Teacher Performance at Schools in Bandar Lampung*, *Tadris J. Kegur. dan Ilmu Tarb.*, vol. 5, no. 1, 2020, doi: 10.24042/tadris.v5i1.5391.
- Legionosuko, Tri ., et al., Madjid, M Adnan., Asmoro, Novky., Samudro, Eko G, 2019. *Posisi dan Strategi Indonesia dalam Menghadapi Perubahan Iklim guna Mendukung Ketahanan Nasional* . *Jurnal Ketahanan Nasional*, vol. 25, issue 3, hal 295.
- Liaw, C., & Tsai, Y. 2004. *Optimum Storage Volume of Rooftop Rain Water Harvesting Systems for Domestic Use*. *Journal of the American Water Resources Association*, (3014), 901–912. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2004.tb01054.x>.
- M. Bizhanimanzar, R. Leconte, and M. Nuth, 2020. “*Catchment-scale integrated*



*surface water-groundwater hydrologic modelling using conceptual and physically based models: A model comparison study,”* Water (Switzerland), vol. 12, no. 2, 2020, doi: 10.3390/w12020363.

- M. B. Wiyono and T. N. Adji, 2021. “*Analysis of Groundwater Quality for Clean Water Supply in Pasaran Island, Bandar Lampung City, Indonesia,*” Forum Geogr., vol. 35, no. 1, 2021, doi: 10.23917/forgeo.v35i1.12270.
- Nabilah, F., Prasetyo, Y., & Sukmono, A. 2017. *Analisis Pengaruh Fenomena El Nino dan La Nina Terhadap Curah Hujan Tahun 1998-2016 Menggunakan Indikator ONI (Oceanic Nino Index)* (Studi Kasus : Provinsi Jawa Barat). *Jurnal Geodesi UNDIP*, 6(4), 402-412. Retrieved from <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/geodesi/article/view/18170N>. A.
- N. A. E. Kusumastuty, T. K. Manik, and P. B. Timotiwu, 2021. “*Identification of temperature and rainfall pattern in Bandar Lampung and the 2020-2049 projection,*” in IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021, vol. 739, doi: 10.1088/1755-1315/739/1/012045.
- Nicholls, R. J., Wong, P.P., Burket, V.R, and Burket, V.R et al, 2007. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Coastal systems and low-lying areas*
- Pramudiharto, A, & Hidayat, N, 2008. *Evaluasi Penanggulangan Banjir Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang*, Semarang : Universitas Diponegoro,
- Presiden Republik Indonesia. 2012. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai.*
- R. Aghlmand and A. Abbasi, 2019. “*Application of MODFLOW with boundary conditions analyses based on limited available observations: A case study of Birjand plain in East Iran,*” Water (Switzerland), vol. 11, no. 9, 2019, doi: 10.3390/w11091904.
- Riyanto, Putra,E.,P., dan Indelarko, A., 2009. *Pengembangan Aplikasi Sistem Informasi Geografis Berbasis Desktop dan web.* Gaya Media. Yogyakarta
- Rustadi, I. G. B. Darmawan, N. Haerudin, Suharno, and A. Setiawan, 2021. “*Geophysical approach for assessment of seawater intrusion in the coastal aquifer of Bandar Lampung, Indonesia,*” in IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 2021, vol. 1173, pp. 1–8.
- Salick, J., Ghimire, S. K., Fang, Z., Dema, S., & Konchar, K. M., 2014. *Himalayan Alpine Vegetation , Climate Change and Mitigation.* Journal of Ethnobiology, 34(3), 276–293. <https://doi.org/10.2993/0278-0771-34.3.276>.

- S. Ali, L. Maharani, and D. T. Untari, 2019. “*Development of religious tourism in Bandar Lampung, Indonesia*” *African J. Hosp. Tour. Leis.*, vol. 8, no. 5, 2019.
- S. A. Mangga, Amirudin, T. Suwarti, S. Gafoer, and Sidarto, 1993. *Geological Map of Tanjungkarang, Sumatra*. Bandung: Bandung: Geological Research and Development Centre, 1993.
- S. B. Yuwono, N. Sinukaban, K. Murti Laksono, and B. Sanim, 2013. “*Land Use Planning of Way Betung Watershed for Sustainable Water Resources Development of Bandar Lampung City*” *J. Trop. Soils*, vol. 16, no. 1, 2013, doi: 10.5400/jts.2011.v16i1.77-84.
- S. F. R. Khadri and C. Pande, 2016. “*Ground water flow modeling for calibrating steady state using MODFLOW software: a case study of Mahesh River basin, India,*” *Model. Earth Syst. Environ.*, vol. 2, no. 1, 2016, doi: 10.1007/s40808-015-0049-7.
- Stec, A., Kordana, S. 2015. *Analysing the financial efficiency of use of water and energy saving systems in single-family homes*. *Journal of Cleaner Production*, 151, 193–205. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.071>.
- Suhardjono. 1994. *Reklamasi Rawa, Serial Buku Teks ITN Malang*. Malang: Institut Teknologi Nasional Malang.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan, Edisi I*. Yogyakarta: Andi
- Susanti, T, & Susanto, M,H, 2006. *Perencanaan Bangunan Sedimen Waduk Selorejo Kabupaten Malang*. Semarang : Universitas Diponegoro,
- Talitha, Juan. 2010. *Studi Optimasi Pola Tanam pada Daerah Irigasi Jatiroto dengan Menggunakan Program Linier. Tugas Akhir Teknik Sipil Fakultas Teknik sipil dan Perencanaan*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- T. Foster, N. Brozović, and C. Speir, 2017. “*The buffer value of groundwater when well yield is limited,*” *J. Hydrol.*, vol. 547, 2017, doi: 10.1016/j.jhydrol.2017.02.034.
- Trabucco, A., and Zomer, R. J. 2010. High-resolution global soil-water balance explicit for climate - standard vegetation and soil conditions. Retrieved from <http://www.cgiar-csi.org>
- Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta.
- V. Varalakshmi, B. Venkateswara Rao, L. SuriNaidu, and M. Tejaswini, “*Groundwater Flow Modeling of a Hard Rock Aquifer: Case Study,*” *J. Hydrol. Eng.*, vol. 19, no. 5, pp. 877–886, 2014, doi: 10.1061/(asce)he.1943-5584.0000627.

- View. 2021. “*Pengelolaan dan Pengembangan Sistem Drainase yang Terhubung Langsung dengan Sunagi Dalam Daerah Kabupaten atau Kota Bandar Lampung* “. Bandar Lampung
- W. Dawes, R. Ali, S. Varma, I. Emelyanova, G. Hodgson, and D. McFarlane, “*Modelling the effects of climate and land cover change on groundwater recharge in south-west Western Australia,*” *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, vol. 16, no. 8, 2012, doi: 10.5194/hess-16-2709-2012.
- X. Kuang, J. J. Jiao, C. Zheng, J. A. Cherry, and H. Li, “*A review of specific storage in aquifers,*” *J. Hydrol.*, vol. 581, p. 124383, Feb. 2020, doi: 10.1016/J.JHYDROL.2019.124383.
- Y. Lan, M. Jin, C. Yan, and Y. Zou, “*Schemes of groundwater exploitation for emergency water supply and their environmental impacts on Jiujiang City,China,*” *Environ. Earth Sci.*, vol. 73, no. 5, 2015, doi: 10.1007/s12665-014-3586-x.
- Young, M. D. B., Gowing, J. W., Wyseure, G. C. L., & Hatibu, N. 2002. *Parched-Thirst: Development and validation of a process-based model of rainwater harvesting.* *Agricultural Water Management*, 55(2), 121–140. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(01\)00187-1](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(01)00187-1)
- Yunianto Lutfi M., 2018. *Redesain Sistem Drainase dan Desain Sumur Resapan di Lingkungan Universitas Lampung (Studi Kasus : Wilayah Masjid Al-Wasi’I – Tugu UNILA, Bandar Lampung.*