

LOMBA KARYA TULIS ILMIAH IX

**“INOVASI SISTEM KONSERVASI AIR UNTUK MENANGGULANGI
BANJIR DAN KEKERINGAN DI WILAYAH PERKOTAAN”**

HERO (Hexagonal Underground Flood Prevention)

**Inovasi Sistem Multifungsi Drainase Ramah Lingkungan Bawah Tanah
Raksasa Sebagai Upaya Mengatasi Banjir Dan
Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih**



Disusun Oleh :

Ferdiansya	17/416001/SV/13739
Arief Ilham Akbar	17/410615/SV/12542
Florentino Yoga Asmara	17/410621/SV/12548

UNIVERSITAS GADJAH MADA

2019

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL PENELITIAN : HERO (*Hexagonal Underground Flood Prevention*) Inovasi sistem multifungsi drainase ramah lingkungan bawah tanah raksasa sebagai upaya mengatasi banjir dan pemenuhan kebutuhan air bersih

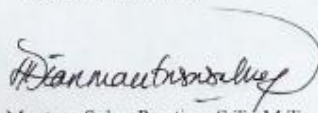
NAMA TIM : Banyugama
PERGURUAN TINGGI : Universitas Gadjah Mada
ALAMAT PERGURUAN TINGGI : Bulaksumur, Caturtunggal, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281


KETUA TIM
NAMA : Ferdiansya
NIM : 17/416001/SV/13739
JURUSAN/FAKULTAS : D4 Teknik Pengelolaan dan Pemeliharaan Infrastruktur Sipil/ Sekolah Vokasi
NO. HP : 087877210951

JUMLAH ANGGOTA : 2
DOSEN PEMBIMBING
NAMA : Rian Mantasa Selve Prastica, S.T., M.T.
NIP : 111199305201811101

Yogyakarta, 2 Juli 2019
Ketua Pelaksana


Menyetujui,
Dosen Pembimbing


Rian Mantasa Selve Prastica, S.T., M.T.
NIP. 111199305201811101


Ferdiansya
17/416001/SV/13739

Mengetahui,
Ketua Departemen Teknik Sipil




Dr. H. Sunardi Nuranto, MS.
NIP.196206131989031000

DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
ABSTRAK	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1 Air Hujan.....	4
2.2 Debit Rencana	5
2.3 Koefisien Aliran Permukaan	5
2.4 Analisa Frekuensi, Intensitas Curah Hujan, dan Volume Hujan Dipanen	7
2.4.1. Analisa Distribusi Curah Hujan Rencana	7
2.4.2. Penentuan nilai Intensitas Curah Hujan	8
2.4.3. Volume Hujan Dipanen	8
2.5 Pemanen Air Hujan.....	8
2.6 Sistem Pemanen Air Hujan	9
BAB III METODE PENELITIAN	11
3.1 Objek penelitian.....	11

3.2	Waktu dan Tempat penelitian.....	11
3.3	Pendekatan Penelitian	12
3.4	Bagan Alir Penelitian.....	12
3.5	Prosedur Penelitian	13
BAB IV PEMBAHASAN.....		14
4.1	Ketersediaan Air	14
4.1.1	Curah Hujan	14
4.1.2	Analisis Frekuensi	15
4.1.3	Intensitas Hujan.....	15
4.1.4	Luas Sub Daerah Tampungan Air dan Koefisien Pengaliran	17
4.1.5	Debit Air Hujan	17
4.2	Kebutuhan Air	19
4.3	Sistem dan Desain Tampungan	20
4.4	Alur Keja Sistem “HERO” (<i>Hexagonal underground flood prevention</i>) 22	
4.5	Potensi Sistem “HERO” (<i>Hexagonal Underground Flood Prevention</i>)	22
BAB V PENUTUP.....		25
5.1	Kesimpulan.....	25
5.2	Saran	25
DAFTAR PUSTAKA		26
LAMPIRAN		27
L.1	Detail Perhitungan Analisis Frekuensi	27
L.2	Pemodelan Daerah Aliran Sungai Belik Menggunakan <i>Software HEC-RAS</i>	28

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Banjir di Kawasan Kali Belik, Klitren Yogyakarta.....	2
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian.....	11
Gambar 3. 2 Bagan Alir Penelitian.....	12
Gambar 4. 1 Kurva IDF dengan Waktu Konsentrasi.....	16
Gambar 4. 2 Luas SUB DTA	17
Gambar 4. 3 Analisis Kapasitas Saluran menggunakan <i>HEC-RAS</i>	18
Gambar 4. 4 Desain Sistem “HERO” (<i>Hexagonal underground flood prevention</i>)	21
Gambar 4. 5 Desain Penampungan di tiap rumah dan.....	21
Gambar 4. 6 Alur Kerja “HERO”	22
Gambar 4. 7 Rancangan Pengembangan Embung Langensari dan sasaran penerapan “HERO” (<i>Hexagonal underground flood prevention</i>).....	24
Gambar L. 1 Pemodelan Antarmuka 2-D <i>HEC-RAS</i> DAS Belik.....	28
Gambar L. 2 Kondisi Bagian Hulu Sungai	28
Gambar L. 3 Kondisi Bagian Tengah Sungai.....	29
Gambar L. 4 Kondisi Bagian Hilir Sungai	29

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tingkatan Hujan Berdasarkan Intensitasnya	4
Tabel 2. 2 Koefisien <i>Runoff</i>	5
Tabel 2. 3 Koefisien <i>Runoff</i> (lanjutan).....	6
Tabel 4. 1 Data Curah Hujan Harian Maksimum.....	14
Tabel 4. 2 Analisis Distribusi Frekuensi Hujan.....	15
Tabel 4. 3 Intensitas Hujan (mm/jam)	15
Tabel 4. 4 Debit Air Hujan melalui Permukaan (Q1).....	18
Tabel 4. 5 Volume Hujan Yang Dapat Dipanen Pada Sub DTA 1,3,6, dan 11	19
Tabel 4. 6 Kebutuhan Air Rumah Tangga Pada Sub DTA 1,3,6 dan 11	20
Tabel 4. 7 Persentase Reduksi Banjir “HERO” (<i>Hexagonal underground flood prevention</i>).....	22
Tabel 4. 8 Pemenuhan kebutuhan air rumah tangga dengan “HERO” (<i>Hexagonal underground flood prevention</i>).....	23
Tabel 4. 9 Penyediaan Cadangan air dengan “HERO” (<i>Hexagonal underground flood prevention</i>).....	23
Tabel L. 1 Analisis Frekuensi dengan Metode Distribusi Normal.....	27
Tabel L. 2 Analisis Frekuensi dengan Metode Gumbel	27
Tabel L. 3 Metode Distribusi Log Pearson Tipe III	28

ABSTRAK

Limpasan permukaan (*run-off*) merupakan salah satu penyebab banjir di Indonesia. Daerah Aliran Sungai (DAS) Belik merupakan salah satu Daerah Tangkapan Air (DTA) yang berada di daerah perkotaan Kabupaten Sleman. Daerah Aliran Sungai (DAS) Kabupaten Sleman memiliki curah hujan 2.992,3 mm/tahun dan alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan pemukiman yang padat menyebabkan semakin berkurangnya area resapan air hujan. Kurangnya area resapan air hujan menyebabkan kapasitas saluran drainase Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Belik pada saat hujan tidak mampu menampung air sehingga banjir di sekitar saluran drainase terjadi. Solusi dari permasalahan tersebut yaitu inovasi sistem multifungsi drainase ramah lingkungan bawah tanah raksasa. Inovasi ini menggunakan konsep panen air hujan yang menggunakan tanki penyimpanan primer di setiap bangunan serta bunker raksasa yang berada dibawah tanah. Dengan sistem ini air hujan dapat dimanfaatkan sebagai sumber air bersih untuk berbagai kebutuhan. Cadangan air tanah dapat dikonservasi serta potensi terjadinya banjir dan kekeringan dapat teratasi. Untuk mewujudkannya, dilakukan penelitian berupa studi kasus di sekitaran Daerah Aliran Sungai (DAS) Belik dengan menggunakan metode studi literatur dan observasi lapangan. Kemudian data curah hujan dan peta penggunaan lahan di Daerah aliran Sungai (DAS) Belik diolah untuk menentukan volume limpasan dan penentuan bangunan tampungan serta kelayakan sistem pengelolaan tersebut.

Kata kunci : *air hujan, banjir, drainase, kekeringan.*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan lahan memiliki dimensi ruang yang berkaitan dengan pola penggunaan lahan dan dimensi waktu yang berkaitan dengan perubahan penggunaan lahan. Bentuk penggunaan lahan suatu wilayah berkaitan dengan pertumbuhan penduduk dan aktivitasnya. Jumlah penduduk yang semakin meningkat diiringi dengan semakin intensifnya aktivitas penduduk di suatu wilayah akan berdampak pada terjadinya perubahan penggunaan lahan. Pertumbuhan dan aktivitas penduduk yang tinggi terutama terjadi di daerah perkotaan sehingga mengalami perubahan penggunaan lahan yang cepat.

Kota Yogyakarta dan sebagian Kabupaten Sleman telah mengalami perkembangan yang cukup pesat dalam beberapa waktu. Perkembangan infrastruktur perkotaan menunjukkan wilayah tersebut berkembang sesuai dengan konsep tata ruang. Hal tersebut menunjukkan perkembangan fisik suatu wilayah yang dicirikan dengan semakin luasnya wilayah terbangun. Perkembangan tersebut memang menguntungkan secara ekonomi, namun dapat berdampak buruk pada respon hidrologi seperti peningkatan aliran permukaan, penurunan aliran dasar (*baseflow*), serta peningkatan erosi dan sedimentasi. Peningkatan aliran permukaan dapat menyebabkan terjadinya banjir di musim penghujan. Peningkatan aliran permukaan biasanya juga diikuti oleh peningkatan jumlah tanah yang tererosi sehingga akan meningkatkan jumlah beban sedimentasi pada badan perairan, misalnya saluran sungai.

Daerah Aliran Sungai (DAS) Belik merupakan salah satu Daerah Tangkapan Air (DTA) yang berada di daerah perkotaan Kabupaten Sleman. Daerah Aliran Sungai (DAS) Belik telah seringkali terjadi banjir setiap hujan deras akibat dari luapan kali belik. Yang terakhir terjadi pada tanggal 3 Desember 2018 puluhan rumah di kawasan sekitar Kali Belik, Klitren Kota Yogyakarta sempat terendam air hujan setinggi satu meter pasca hujan deras mengguyur. Jika kecepatan aliran semakin tinggi dan kapasitas sungai tidak mampu menampung aliran air maka tebing sungai yang semakin intensif. Wilayah sekitarnya merupakan wilayah

terbangun yang menyebabkan air tidak terinfiltrasi dengan baik sehingga terjadi limpasan permukaan yang masuk ke sistem sungai dan meningkatkan debit banjir. Kejadian banjir tersebut diartikan sebagai banjir limpasan karena tipe banjir ini berasal dari aliran limpasan permukaan yang merupakan bagian dari hujan yang mengalir di permukaan tanah sebelum masuk ke sistem sungai.



Gambar 1. 1 Banjir di Kawasan Kali Belik, Klitren Yogyakarta

Perkembangan yang ada sebanding lurus dengan bertambahnya jumlah penduduk, jumlah penduduk yang semakin banyak mempengaruhi penggunaan air untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Pemakaian air rata-rata rumah tangga di perkotaan di Indonesia sebesar setiap orang 144 liter perharinya. Pemakaian terbesar adalah untuk keperluan mandi sebesar 60 liter perhari perorang atau 45 persen dari total pemakaian air. Sumber air yang digunakan untuk keperluan tersebut biasanya berasal dari air tanah dan PDAM, dengan penggunaan air yang terus-menerus tanpa adanya usaha penggunaan sumber-sumber air baku lainnya bukan tidak mungkin dapat menimbulkan masalah kekeringan di daerah sekitar.

Melihat permasalahan yang telah dipaparkan diatas kami tergerak untuk membuat suatu inovasi sistem konservasi air untuk menanggulangi banjir dan kekeringan di wilayah perkotaan yang kami berinama “HERO” (*Hexagonal Underground Flood Prevention*) Inovasi sistem multifungsi drainase ramah lingkungan bawah tanah raksasa sebagai upaya mengatasi banjir dan pemenuhan kebutuhan air bersih. dengan adanya inovasi yang kami buat diharapkan mampu menyelesaikan permasalahan tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

- A. Bagaimana mengurangi jumlah air hujan yang langsung turun ke permukaan?
- B. Bagaimana mengoptimalkan air hujan yang turun untuk memenuhi kebutuhan air bersih?
- C. Apa saja yang harus dilakukan untuk mengkonservasi air di perkotaan?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

- A. Mengurangi jumlah air hujan yang turun ke permukaan secara langsung
- B. Mengoptimalkan penggunaan air hujan untuk pemenuhan air bersih rumah tangga sehari-hari
- C. Mengkonservasi air hujan sebagai persediaan cadangan air bersih
- D. Mencegah terjadinya banjir
- E. Menghemat penggunaan air bersih

1.4 Batasan Masalah

- A. Studi kasus hanya dilakukan pada area di sekitar Daerah Aliran Sungai Belik Kelurahan Caturtunggal, Kec Depok, Sleman dan kelurahan Klitren, Kec. Gondokusuman, Yogyakarta dekat Embung Langensari, Daerah Istimewa Yogyakarta.
- B. Data hidrologi didapat dari data sekunder
- C. Kekuatan struktural tidak dibahas

LOMBA KARYA TULIS ILMIAH IX

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Air Hujan

Hujan merupakan salah satu fenomena alam yang terdapat dalam siklus hidrologi dan sangat dipengaruhi iklim. Keberadaan hujan sangat penting dalam kehidupan, karena hujan dapat mencukupi kebutuhan air yang sangat dibutuhkan oleh semua makhluk hidup.

Jenis-jenis hujan berdasarkan besarnya curah hujan menurut BMKG dibagi menjadi tiga, yaitu (BMKG)

- a. Hujan sedang, 20 - 50 mm per hari.
- b. Hujan lebat, 50-100 mm per hari.
- c. Hujan sangat lebat, di atas 100 mm per hari.

Intensitas curah hujan merupakan ukuran jumlah hujan per satuan waktu tertentu selama hujan berlangsung. Hujan umumnya dibedakan menjadi lima tingkatan sesuai intensitasnya seperti yang disajikan pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2. 1 Tingkatan Hujan Berdasarkan Intensitasnya

Tingkatan	Intensitas (mm/menit)
Sangat Lemah	<0.02
Lemah	0.02-0.05
Sedang	0.05-0.25
Deras	0.25-1
Sangat Deras	>1

(Sumber Mori et,Al)

Data hujan mempunyai variasi yang sangat besar dibandingkan unsur iklim lainnya, baik variasi menurut tempat maupun waktu. Data hujan biasanya disimpan dalam satu hari dan berkelanjutan. Dengan mengetahui data curah hujan kita dapat melakukan pengamatan di suatu daerah untuk pengembangan dalam bidang pertanian dan perkebunan. Selain itu dapat juga digunakan untuk mengetahui

potensi suatu daerah terhadap bencana alam yang disebabkan oleh faktor hujan (Mori et. Al, 1997).

2.2 Debit Rencana

Metode yang umum digunakan untuk memperkirakan laju aliran permukaan adalah metode Rasional. Metode ini dikembangkan berdasarkan asumsi bahwa hujan yang terjadi mempunyai intensitas seragam dan merata diseluruh DAS selama paling sedikit sama dengan waktu konsentrasi (t_c). Metode Rasional terbatas hanya dapat dilakukan untuk DAS dengan ukuran kecil, yaitu kurang dari 300 ha (Goldman, 1986 dalam Suripin, 2004). Persamaan umum metode Rasional dinyatakan dalam bentuk:

$$Q_p = 0,00278 C I A$$

dengan :

Q_p = laju aliran permukaan (debit) puncak dalam $m^3/detik$

C = Koefisien aliran permukaan ($0 \leq C \leq 1$)

I = Intensitas hujan dalam mm/jam

A = luas DAS dalam hektar

2.3 Koefisien Aliran Permukaan

Koefisien aliran permukaan didefinisikan sebagai rasio antara puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan. Faktor utama yang mempengaruhi nilai koefisien aliran permukaan adalah laju infiltrasi tanah, kemiringan lahan, tanaman penutup tanah, dan intensitas hujan. Koefisien limpasan juga tergantung pada sifat dan kondisi tanah. Laju infiltrasi menurun pada hujan yang terus menerus. Faktor lain yang mempengaruhi nilai koefisien limpasan adalah air tanah, derajat kepadatan tanah, porositas tanah, dan simpangan depresi. Nilai koefisien limpasan untuk berbagai tipe tanah dan penggunaan lahan disajikan dalam tabel 2.2 berikut.

Tabel 2. 2 Koefisien *Runoff*

Deskripsi lahan/ karakter permukaan	Koefisien aliran, C
Business	
Perkotaan	0,70 – 0,95
Pinggiran	0,50 – 0,70

Perumahan	
Rumah tunggal	0,30 – 0,50

 Tabel 2. 3 Koefisien *Runoff* (lanjutan)

Deskripsi lahan/ karakter permukaan	Koefisien aliran, C
Multiunit, terpisah	0,40 – 0,60
Multiunit, tergabung	0,60 – 0,75
Perkampungan	0,25 – 0,40
Apartemen	0,50 – 0,70
Industri	
Ringan	0,50 – 0,80
Berat	0,60 – 0,90
Perkerasan	
Aspal dan beton	0,70 – 0,95
Batu bata, paving	0,50 – 0,70
Atap	0,75 – 0,95
Halaman, tanah berpasir	
Datar 2%	0,05 – 0,10
Rata-rata, 2-7%	0,10 – 0,15
Curam, 7%	0,15 – 0,20
Halaman, tanah berat	
Datar 2%	0,13 – 0,17
Rata-rata, 2-7%	0,18 – 0,22
Curam, 7%	0,25 – 0,35
Halaman kereta api	0,10 – 0,35
Taman tempat bermain	0,20 – 0,35
Taman, pekuburan	0,10 – 0,25
Hutan	
Datar, 0-5%	0,10 – 0,40

Bergelombang, 5-10%	0,25 – 0,50
Berbukit, 10-30%	0,30 – 0,60

(Sumber : McGuen (1989) dalam Suripin 2004)

2.4 Analisa Frekuensi, Intensitas Curah Hujan, dan Volume Hujan Dipanen

Analisis Frekuensi adalah besaran kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Analisis frekuensi ini didasarkan pada sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan di masa yang akan datang dengan anggapan bahwa sifat statistik kejadian hujan di masa akan datang akan masih sama dengan sifat statistik kejadian hujan masa lalu.

Curah Hujan Rencana adalah hujan harian maksimum yang akan digunakan untuk menghitung intensitas hujan. Curah Hujan Rencana dihitung berdasarkan distribusi atau sebaran curah hujan harian maksimum selama (minimal) 10 tahun berturut – turut. Analisa curah hujan rencana meliputi:

2.4.1. Analisa Distribusi Curah Hujan Rencana

Analisa distribusi sangat erat hubungannya dengan frekuensi hujan dan periode ulang hujan. Metode Analisis Distribusi Frekuensi yang sering digunakan dalam bidang hidrologi :

- Distribusi Normal : $X_t = \bar{X} + K_t x S$
- Distribusi Log Normal : $\text{Log } X_t = \overline{\text{Log } \bar{X}} + K_t x S$
- Distribusi Log Pearson Type III : $\text{Log } X_t = \overline{\text{Log } \bar{X}} + K x S$
- Distribusi Gumbel : $X_t = \bar{X} + \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n} x S$

Dengan :

X_t : Curah Hujan rencana (mm/hari)

K_t/K : Faktor Frekuensi

S : Simpangan Baku

Y_t : Fungsi dari banyak data (n)

Y_n : Simpangan Deviasi

2.4.2. Penentuan nilai Intensitas Curah Hujan

Penentuan nilai I diperoleh dengan menggunakan kurva atau lengkung IDF dari hujan rencana sesuai dengan kala ulang terpilih atau dengan pendekatan Rumus Mononobe (Suripin. 2004), sebagai berikut:

$$I = \left(\frac{R24}{24}\right) \times \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3}$$

Dengan :

I = intensitas hujan (mm/jam)

t = lamanya hujan (jam)

R24 = curah hujan maksimum harian (mm,selama 24 jam)

2.4.3. Volume Hujan Dipanen

Untuk keperluan desain sistem PAH atap (*rooftop rainwater harvesting*), volume limpasan hujan dari atap dapat dihitung dengan persamaan (Anonim,2012)

$$Vh = A \times I \times C$$

Dengan :

Vh : Jumlah air yang dapat di panen (liter/hari)

A : Luas atap bangunan (m²)

C : Menggunakan Tabel 2.3

I : Rata-rata curah hujan harian maksimum(mm/hari)

2.5 Pemanen Air Hujan

Pemanenan air hujan atau *Rainwater Harvesting* adalah teknik mengumpulkan dan menyimpan air hujan yang jatuh di atas bangunan, jalan, maupun lapangan waktu musim hujan untuk memanfaatkan air untuk penggunaan aktivitas dalam dan luar.

Rainwater harvesting merupakan komponen penting dari pengelolaan air perkotaan dan memiliki manfaat sekunder sebagai perluasan penggunaan air hujan dan teknologi inovatif sederhana. Teknologi sederhana ini juga memiliki potensi untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dari proses pengolahan air yang berkontribusi terhadap perubahan iklim.

Sistem *rainwater harvesting* memanfaatkan sumber daya air *onsite*, mengurangi limpasan perkotaan (*urban runoff*), dan menghemat pengeluaran uang untuk penggunaan air. Sistem *rainwater harvesting* memiliki keterbatasan utama dalam efisiensi sistem yang sangat dipengaruhi oleh variasi spasial dan temporal hujan, yang kemudian mempengaruhi kinerja ekonomi. Keuntungan *rainwater harvesting* adalah tersedia air tambahan, meningkatkan kelembaban tanah, meningkatkan imbuhan air tanah melalui resapan buatan, dan mengurangi banjir perkotaan. Manfaat *rainwater harvesting* dapat digunakan untuk irigasi, *toilet flushing* dan untuk mencuci.

2.6 Sistem Pemanen Air Hujan

Sistem pemanenan air hujan dapat diklasifikasikan seperti:

a. Sistem penangkap (*collection system*)

Dalam perencanaan, menentukan tempat untuk menangkap air hujan sangat mempengaruhi kuantitas dan kualitas air, faktor pemasukan pemanenan air hujan, kotoran, dan daun, adalah hal yang harus diperhatikan karena dapat mempengaruhi kualitas air. Tempat yang biasa digunakan untuk menangkap air hujan adalah atap bangunan, lapangan terbuka, jalan dan saluran. (Kementerian Lingkungan Hidup, 2010)

b. Sistem filter (*filtering system*)

Air hujan yang sudah ditangkap biasanya masih tercampur dengan tanah, pasir, dedaunan, sampah, kotoran hewan, dan lain-lain. Karena itu, perlu dilakukan usaha penyaringan untuk meningkatkan kualitas air dan memastikan air bebas dari pencemaran. Tingkat pencemaran air dipengaruhi oleh tempat penangkap air hujan. Air hujan yang ditangkap dari jalan mengandung kotoran lebih banyak dibandingkan air hujan yang ditangkap dari atap bangunan. Untuk pengolahan air hujan ini, dapat dilakukan dengan memasang filter atau *mesh screen*. Ukuran *mesh screen* biasanya digunakan 1 – 5 mm. (Kementerian Lingkungan Hidup, 2010).

c. Sistem panampung (*storage system*)

Tempat penyimpanan atau penampungan air hujan ini bisa berwujud tangki alami seperti kolam atau dam, ataupun tangki buatan seperti tong atau bak. Biasanya, bahan yang digunakan untuk tampungan *outdoor* menggunakan beton atau plastik, dan untuk *indoor* menggunakan bahan plastik. Tampungan tidak boleh ada lubang pada penampungan untuk menjaga kualitas air yang sudah melewati tahap penyaringan. Dan untuk tempat pemasangan tampungan ini harus dijauhkan dari suhu yang terlalu tinggi atau rendah, serta terhindar dari cahaya langsung. (Kementerian Lingkungan Hidup, 2010).

d. Sistem pengaliran (*conveyance system*)

Pompa yang baik untuk pengaliran adalah tidak berisik dan tidak bergetar. Pipa perlu ditanamkan di bawah tanah pada waktu musim dingin, ini bertujuan agar air tidak membeku dan memicu pecahnya pipa. (Kementerian Lingkungan Hidup, 2010)

e. Sistem monitor (*control system*)

Sistem monitor menangani seluruh sistem dengan otomatis dalam persediaan air hujan yang stabil. Unit kontrol sistem dilengkapi dengan sistem pengisian air yang mengisi air konstan bila jumlah air hujan yang tersimpan tidak mencukupi, dan fungsi seperti pengukuran tingkat air tambahan, kontrol aliran balik, pemberitahuan kesalahan, perangkat kontrol pompa, pengukuran penggunaan, pencatatan data. (Kementerian Lingkungan Hidup, 2010).

LOMBA KARYA TULIS ILMIAH IX

BAB III METODE PENELITIAN

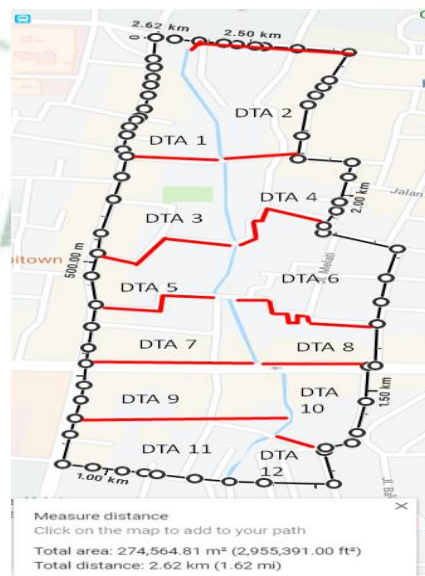
Metode penelitian ini menjelaskan mengenai objek penelitian, waktu dan tempat penelitian, pendekatan penelitian dan prosedur penelitian yang dilakukan.

3.1 Objek Penelitian

Berdasarkan observasi awal yang telah dilakukan, penulis memutuskan untuk pembuatan inovasi “HERO” berada di Daerah Aliran Sungai Belik Kelurahan Caturtunggal, Kec Depok, Sleman dan kelurahan Klitren, Kec. Gondokusuman, Yogyakarta dekat Embung Langensari. Penulis menetapkan daerah tersebut karena di daerah tersebut sering terjadi bencana banjir akibat meluapnya kali belik dan juga di daerah tersebut masih memiliki area yang cukup untuk membuat tampungan raksasa bawa tanah, serta di dekat Embung Langensari akan dibangun sebuah taman yang mana taman itu tentunya membutuhkan air untuk aktivitasnya yang mana airnya nanti bisa berasal dari inovasi yang kami buat.

3.2 Waktu dan Tempat penelitian

Observasi awal dilakukan pada bulan Juni – awal Juli 2019 di Daerah Aliran Sungai Belik Kelurahan Caturtunggal, Kec Depok, Sleman dan kelurahan Klitren, Kec. Gondokusuman, Yogyakarta dekat Embung Langensari, Daerah Istimewa Yogyakarta. Sedangkan penulisan proposal dilaksanakan 28 Juni-20 Juli 2019.

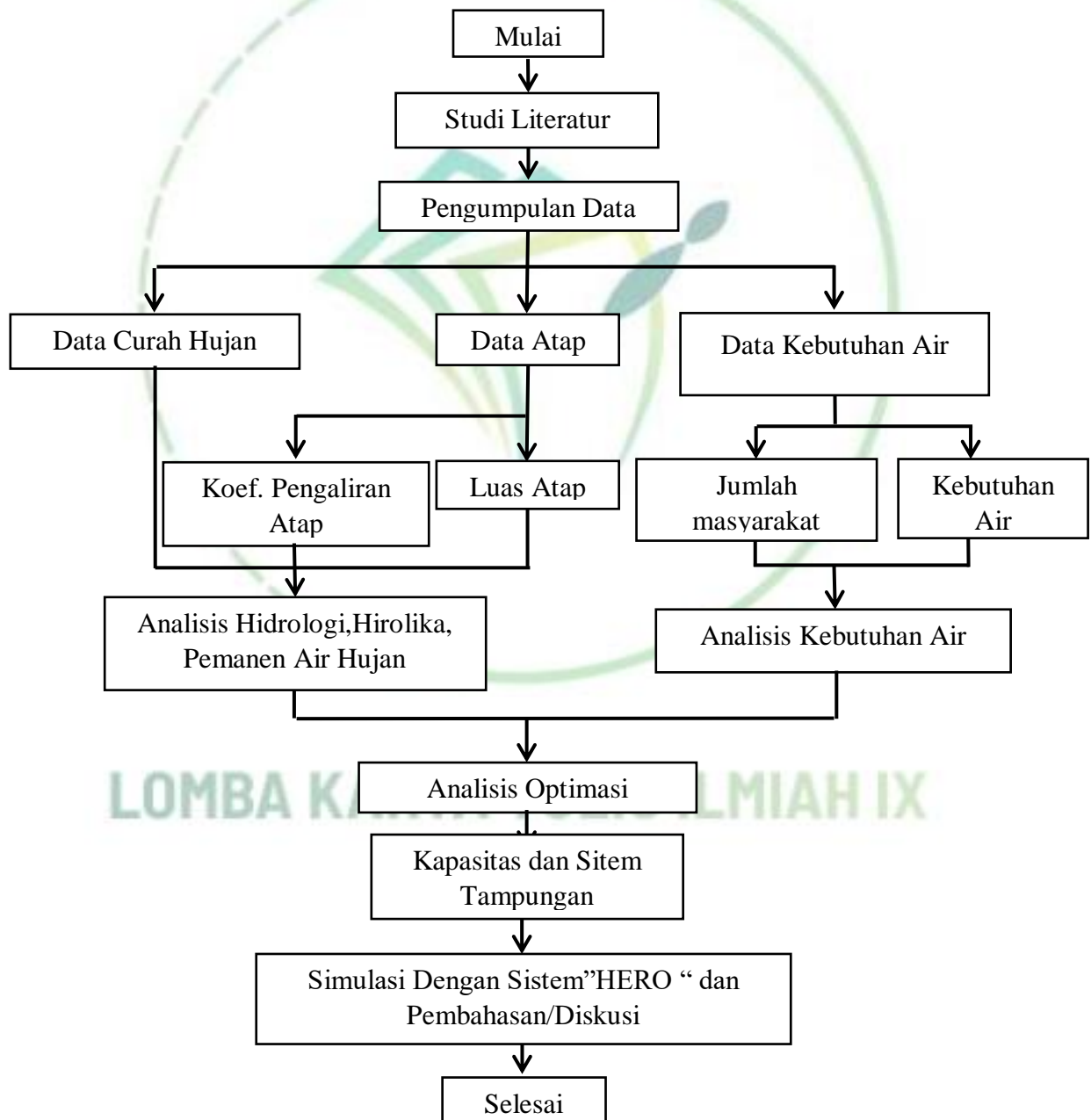


Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian

3.3 Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif. Dalam rangka perumusan hipotesis dilakukan studi literatur terkait. Hasil pengamatan awal menghasilkan hipotesis yang kemudian disimulasikan dengan bantuan *software Excel* hingga diperoleh reliabilitas volume tampungan yang efisien. Kemudian hasil simulasi tersebut didesain dengan mengikuti ketersediaan ukuran tampungan di pasar.

3.4 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3. 2 Bagan Alir Penelitian

3.5 Prosedur Penelitian

1. Melakukan pengamatan untuk menentukan lokasi penerapan sistem “HERO” (*Hexagonal underground flood prevention*).
2. Melakukan studi literatur awal berupa, jurnal, penelitian sebelumnya, tugas akhir mengenai pemanfaatan air hujan sebagai sumber air bersih dan upaya mengurangi resiko banjir.
3. Mengumpulkan data sekunder terkait ketersediaan air hujan dan kebutuhan air bersih di Daerah Aliran Sungai Belik Kelurahan Caturtunggal, Kec Depok, Sleman dan kelurahan Klitren, Kec. Gondokusuman, Yogyakarta dekat Embung Langensari. Data yang dikumpulkan berupa :
 - A. Data curah hujan dari data stasiun hujan Gemawang pada pembacaan tahun 2004 sampai dengan tahun 2017.
 - B. Luasan wilayah dan luas atap di Daerah Aliran Sungai Belik Kelurahan Caturtunggal, Kec Depok, Sleman dan kelurahan Klitren, Kec. Gondokusuman, Yogyakarta dekat Embung Langensari.
 - C. Jumlah penduduk dan kebutuhan air masyarakat di daerah tersebut
 - D. Informasi pendukung lainnya.
4. Mengolah data curah hujan dari tahun 2004 sampai dengan tahun 2017 untuk mengetahui frekuensi hujan, intensitas hujan dan juga debit air yang jatuh ke permukaan dan saluran, serta volume hujan yang dapat dipanen.
5. Menganalisis kebutuhan air bersih pada daerah yang akan ditempatkan sistem “HERO” (*Hexagonal underground flood prevention*).
6. Melakukan analisis tampungan berdasarkan ketersediaan air hujan yang dipanen, luasan wilayah, serta Sub DTA yang memiliki debit yang tinggi.
7. Melakukan analisis potensi penerapan sistem “HERO” (*Hexagonal underground flood prevention*).
8. Membuat kesimpulan akhir sistem yang digunakan.

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Ketersediaan Air

4.1.1 Curah Hujan

Jumlah ketersediaan air dihitung dari volume hujan yang jatuh Daerah Aliran Sungai Belik Kelurahan Caturtunggal, Kec Depok, Sleman dan kelurahan Klitren, Kec. Gondokusuman, Yogyakarta dekat Embung Langensari, Daerah Istimewa Yogyakarta. Curah hujan diambil dari data stasiun hujan Gemawang pada pembacaan tahun 2004 sampai dengan tahun 2017. Data curah hujan tersebut diolah dengan menunjukkan curah hujan harian maksimum di setiap tahunnya. Kemudian diperoleh nilai :

Tabel 4. 1 Data Curah Hujan Harian Maksimum

No	Tanggal Kejadian	Intensitas Hujan
1	27-Dec-04	160
2	11-Dec-05	97,7
3	14-Dec-06	55
4	27-Dec-07	70,5
5	27-Jan-08	58
6	25-Jan-09	47
7	29-Jan-10	47
8	4-Nov-11	51,4
9	1-Jan-12	131,2
10	18-Dec-13	64,4
11	28-Jan-14	84,3
12	8-Dec-15	124,8
13	10-Nov-16	149,8
14	27-Nov-17	163,5

Dari data curah hujan pada tahun 2004-2017 yang telah diolah selanjutnya dilakukan perhitungan distribusi curah hujan dimana untuk menentukan frekuensi curah hujan serta periode ulang hujan. Metode frekuensi yang akan digunakan yaitu : gumbel, log pearson tipe III, dan distribusi normal.

4.1.2 Analisis Frekuensi

Curah hujan tahunan selama 2004-2017, dilakukan analisis frekuensi dengan bantuan *Microsoft excel* untuk menghitung hujan dengan kala ulang hujan 2,5,10,20,50 dan 100 tahun dengan menggunakan metode gumbel, log pearson tipe III, dan distribusi normal. Sehingga diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4. 2 Analisis Distribusi Frekuensi Hujan

No	Metode Perhitungan	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)					
		PUT	PUT	PUT	PUT	PUT	PUT
		2 tahun	5 tahun	10 tahun	20 tahun	50 tahun	100 tahun
1	Gumbel	87,233	139,808	174,611	207,991	251,200	283,582
2	Distribusi Log Pearson Tipe III	82,688	124,402	155,353	198,364	233,063	270,230
3	Distribusi Normal	93,200	130,185	149,558	165,409	183,462	195,790

* Catatan PUT : Periode Ulang Tahunan, detail perhitungan setiap metode

terdapat pada lampiran

4.1.3 Intensitas Hujan

Dari analisis frekuensi yang telah dihitung dengan kala ulang hujan 2,5,10,20,50, dan 100 tahun dengan menggunakan metode gumbel, dan log pearson tipe III, distribusi normal, selanjutnya dihitung intensitas hujan dengan curah hujan maksimum dengan data metode gumbel. Intensitas hujan dihitung dengan rumus monobe yang hasilnya sebagai berikut :

Tabel 4. 3 Intensitas Hujan (mm/jam)

No	t (menit)	t (jam)	Intensitas Hujan (I) mm/jam					
			2	5	10	20	50	100
			Curah Hujan Rencana Maksimum, R_{24} (mm)					
			87,233	139,808	174,611	207,991	251,200	283,582
1	5	0,083	158,512	254,048	317,289	377,944	456,460	515,304
2	10	0,167	99,856	160,040	199,880	238,090	287,552	324,621
3	15	0,250	76,205	122,134	152,537	181,696	219,443	247,732
4	30	0,500	48,006	76,939	96,092	114,462	138,241	156,061
5	45	0,750	36,635	58,716	73,332	87,351	105,497	119,097
6	60	1,000	30,242	48,469	60,534	72,106	87,086	98,313

7	120	2,000	19,051	30,533	38,134	45,424	54,861	61,933
8	240	4,000	12,001	19,235	24,023	28,615	34,560	39,015
9	360	6,000	9,159	14,679	18,333	21,838	26,374	29,774
10	480	8,000	7,560	12,117	15,134	18,027	21,772	24,578
11	720	1,000	5,770	9,247	11,549	13,757	16,615	18,757
12	1440	24,000	3,635	5,825	7,275	8,666	10,467	11,816
13	2880	48,000	2,290	3,670	4,583	5,459	6,594	7,444
total			508,922	815,652	1.018,696	1.213,435	1.465,521	1.654,445
maksimum			158,512	254,048	317,289	377,944	456,460	515,304
rata-rata			39,148	62,742	78,361	93,341	112,732	127,265

Dari hasil perhitungan intensitas hujan (I) diatas selanjutnya perlu diketahui waktu konsentrasi untuk menentukan bagian DAS yang menyumbangkan aliran di titik control dalam waktu sama. Untuk menentukan waktu konsentrasi menggunakan rumus yang di kembangkan oleh Kirpich,1940.

$$tc = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385}$$

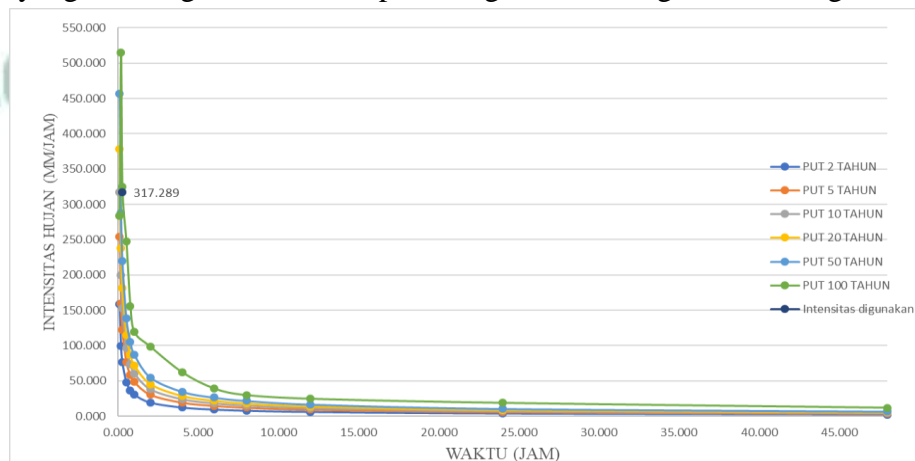
$$L = 1,03Km$$

$$S = 0,01$$

$$tc = \left(\frac{0,87 \times 1,03^2}{1000 \times 0,01} \right)^{0,385}$$

$$tc = 0,3996 Jam \approx 24 Menit$$

Setelah mengetahui waktu konsentrasi dapat dilakukan penentuan intensitas hujan yang akan digunakan untuk perhitungan debit dengan kala ulang 10 tahun.

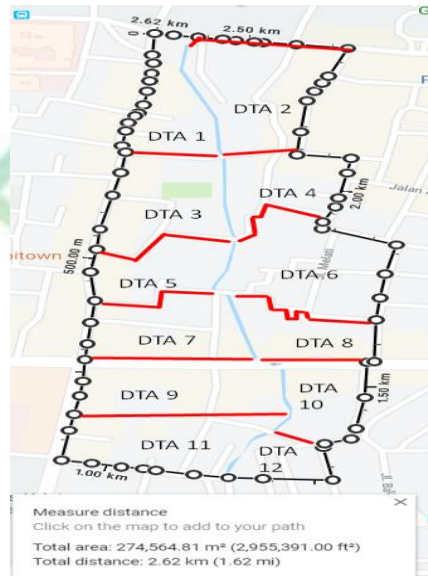


Gambar 4. 1 Kurva IDF dengan Waktu Konsentrasi

Dari kurva IDF diatas bahwa intensitas hujan (I) yang akan digunakan untuk perhitungan debit air masuk yaitu 317,289 mm/jam.

4.1.4 Luas Sub Daerah Tampung Air dan Koefisien Pengaliran

Luas Sub Daerah Tampung Air berada di Daerah Aliran Sungai Belik Kelurahan Caturtunggal, Kec Depok, Sleman dan kelurahan Klitren, Kec. Gondokusuman, Yogyakarta dekat Embung Langensari. Penulis membagi Sub DTA menjadi beberapa bagian agar mengetahui sub DTA sisi mana yang terkena limpahan air hujan cukup banyak. Untuk Sub DTA penulis mengambil gambar area menggunakan *Google Maps* dan luas Sub DTA diukur dengan fitur yang tersedia pada *Google Maps*, diperoleh luasan Sub DTA yaitu 246.936,48 m².



Gambar 4. 2 Luas SUB DTA

Sementara untuk koefisien pengaliran ditentukan dengan fungsi bangunan yang berada di daerah tersebut yaitu pemukiman perumahan berkelompok terpisah-pisah dengan koefisien pengaliran (C) sebesar 0,6 (Tabel 2.3).

4.1.5 Debit Air Hujan

A. Debit air hujan melalui permukaan (Q1)

Untuk memperkirakan debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan deras pada daerah tangkapan (DAS) menggunakan metode rasional, dengan persamaan berikut

$$Q = 0,278 CIA$$

Tabel 4. 4 Debit Air Hujan melalui Permukaan (Q1)

No	Sub DTA		C	I (Intensitas) mm/jam	A (Luas) Ha	Q m ³ /s
1	Sub DTA 1	0,00278	0,6	317,289	1,8683	0,9888
2	Sub DTA 2		0,6	317,289	3,5724	1,8906
3	Sub DTA 3		0,6	317,289	2,6354	1,3947
4	Sub DTA 4		0,6	317,289	1,4797	0,7831
5	Sub DTA 5		0,6	317,289	1,8042	0,9549
6	Sub DTA 6		0,6	317,289	3,5242	1,8651
7	Sub DTA 7		0,6	317,289	2,3941	1,2670
8	Sub DTA 8		0,6	317,289	1,7008	0,9001
9	Sub DTA 9		0,6	317,289	3,1206	1,6515
10	Sub DTA 10		0,6	317,289	1,6177	0,8561
11	Sub DTA 11		0,6	317,289	2,54713	1,3480
12	Sub DTA 12		0,6	317,289	0,958872	0,5075
Debit Total Sub DTA						14,4076
Debit Dari UGM						10,5
Debit Total						24,9076

Dari tabel 4.4 didapatkan debit air hujan melalui permukaan (Q1) 24,9076 m³/s ≈ 24.907,6 liter/s

B. Debit air hujan melalui saluran (Q2)

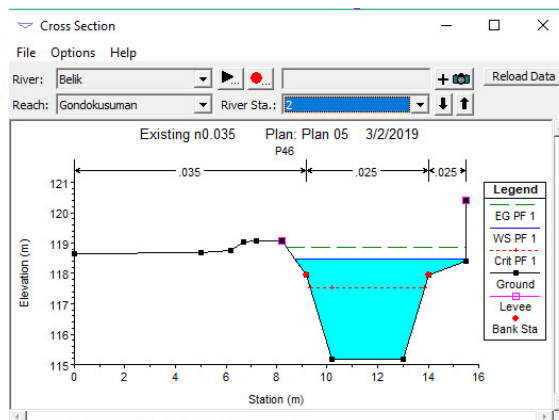
Jumlah air hujan yang tertampung di Daerah Aliran Sungai belik, didapatkan menggunakan rumus berikut :

$$Q = A v$$

$$Q = 440,25 \times 0,025$$

$$Q = 11,00625 \text{ m}^3/\text{s}$$

Debit air hujan yang dapat ditampung di saluran (Q2) yaitu 11,00625 m³/s (diasumsikan lebar dan kedalaman tiap segmennya sama). **Karena Q1 > Q2** maka di saluran tersebut tidak dapat menampung air hujan yang turun atau **banjir**.



Gambar 4. 3 Analisis Kapasitas Saluran menggunakan HEC-RAS

C. Volume air hujan yang dapat dipanen (V_h)

Dari debit Air hujan yang telah dihitung sebelumnya diketahui ada sub dta yang memiliki debit hujan yang tinggi dan juga memiliki sisa lahan yang kosng yang cukup untuk diaplikasikan sistem “HERO” yang mana membutuhkan tampungan bawah tanah raksasa. Sub dta tersebut yaitu sub dta 1,3,6, dan 11. Dengan intensitas, koefisien dan luasan yang telah diketahui maka dapat dihitung volume air hujan yang dapat dipanen, dengan menggunakan persamaan berikut :

$$V_h = A \times I \times C$$

Untuk Luasan atap dipilih dari sub dta dengan debit tertinggi dan juga kepadatan di masing-masing sub dta. Dari hasil perhitungan yang dilakukan dipilih lokasi pada sub dta 1,3,6, dan 11 untuk pembuatan sistem “HERO”. Luasan atap pada sub dta 1,3,6, dan 11 diambil dari 40% dari luasan wilayah yaitu sebesar 42.299,90 m².

$$V_h = 42.299,90 \times 10,5763 \times 0,6$$

$$V_h = 268.425,83 \text{ liter/hari}$$

Jumlah volume yang dapat dipanen sebesar :

Tabel 4. 5 Volume Hujan Yang Dapat Dipanen Pada Sub DTA 1,3,6, dan 11

No	Sub DTA	Volume hujan dipanen liter/hari
1	Sub DTA 1	47.423,99
2	Sub DTA 3	66.893,41
3	Sub DTA 6	89.454,33
4	Sub DTA 11	64.654,11
Total		268.425,83

4.2 Kebutuhan Air

Pada kebutuhan air untuk keperluan sehari-hari rumah tangga yang berada di Daerah Sub DTA 1,3,6 dan 11 diasumsikan 1 keluarga berjumlah 4 orang

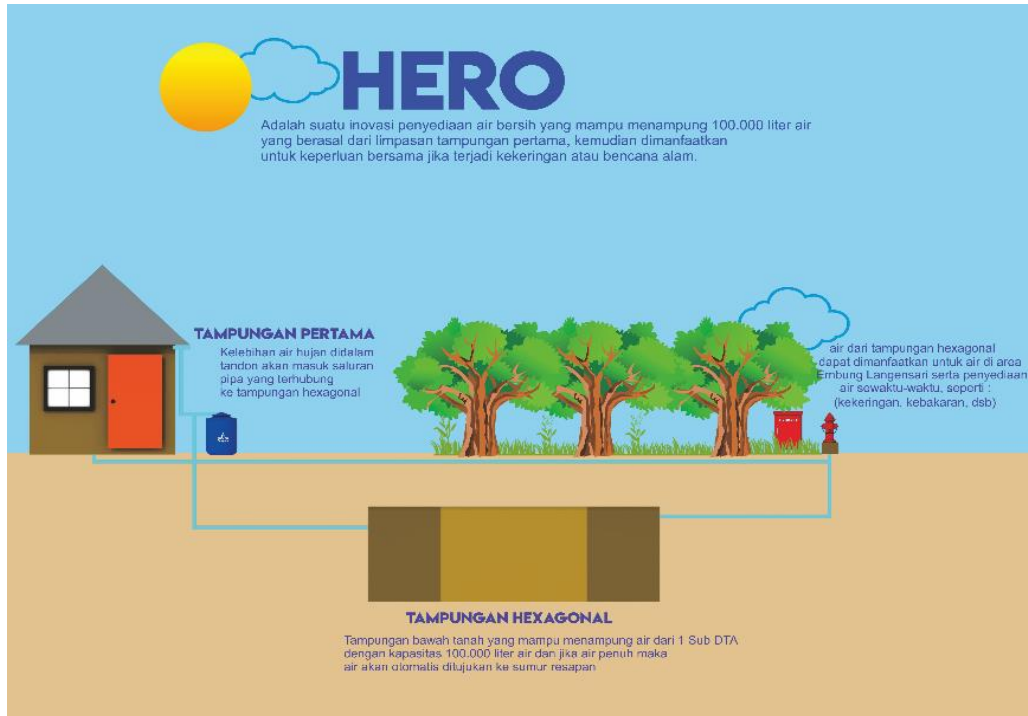
(bapak,ibu dan 2 anak), dengan kebutuhan air bersih/orang sebesar 144 liter/hari (Direktur Pengembangan Air Minum Poejastanto, Ditjen Cipta Karya).

Tabel 4. 6 Kebutuhan Air Rumah Tangga Pada Sub DTA 1,3,6 dan 11

No	Sub DTA	Penggunaan air/orang (l)	Jumlah penduduk	Jumlah kebutuhan air/hari	Harga PDAM 1 m ³ /s (Rp)	Pengeluaran air bersih dengan PDAM (Rp/hari)
1	Sub DTA 1	144	149	21.456	3500	75.096
2	Sub DTA 3	144	210	30.240	3500	105.840
3	Sub DTA 6	144	203	29.232	3500	102.312
4	Sub DTA 11	144	345	50.688	3500	177.408

4.3 Sistem dan Desain Tampungan

Tampungan yang digunakan terbagi menjadi 2 tempat, yang pertama diletakkan di masing-masing rumah untuk keperluan air bersih sehari-hari rumah tangga tersebut, sedangkan tampungan yang kedua diletakkan di bawah tanah yang merupakan limpahan dari tampungan pertama dari beberapa rumah tangga pada 1 Sub DTA. Untuk tampung pertama akan dipasang tampungan dengan ukuran 650 liter (T1) dan tampungan kedua yang berbentuk *hexagonal* raksasa 100.000 liter (T2). Jika kedua tampungan itu telah terisi penuh maka sisanya akan diteruskan menuju sumur resapan.

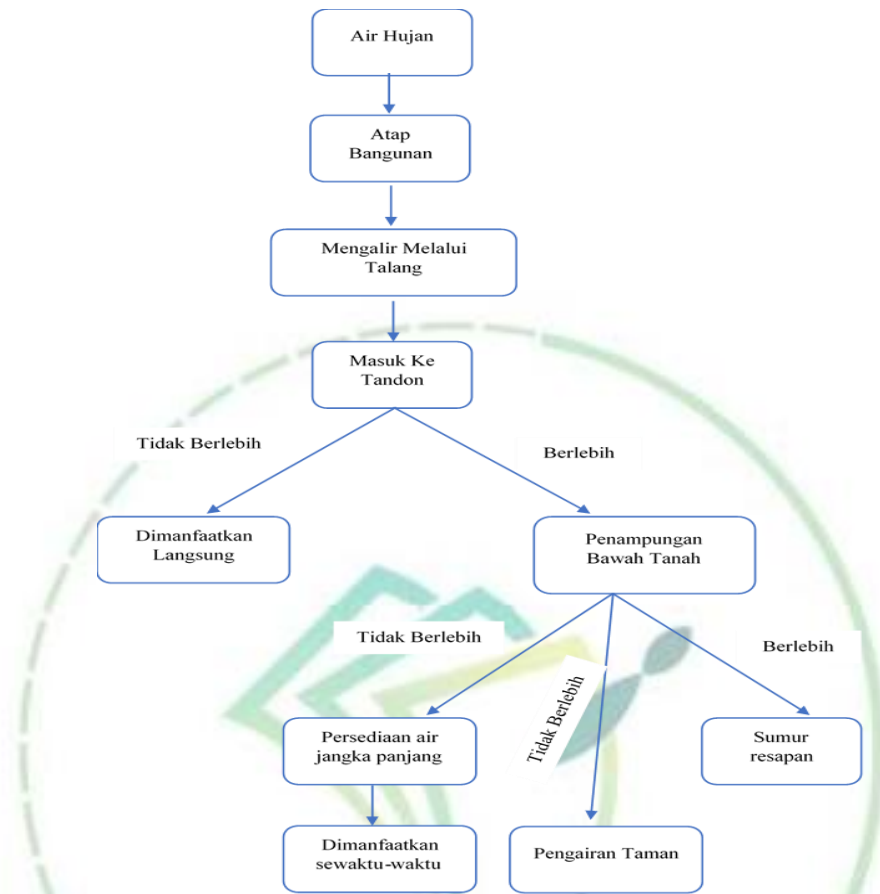


Gambar 4. 4 Desain Sistem “HERO”
(Hexagonal underground flood prevention)



Gambar 4. 5 Desain Penampungan di tiap rumah dan
3d Hexagonal underground flood prevention

4.4 Alur Kerja Sistem “HERO” (*Hexagonal underground flood prevention*)



Gambar 4. 6 Alur Kerja “HERO”

4.5 Potensi Sistem “HERO” (*Hexagonal Underground Flood Prevention*)

A. Sebagai pereduksi banjir

Adanya inovasi “HERO” (*Hexagonal underground flood prevention*) ini dapat menurunkan debit hujan agar tidak langsung jatuh ke permukaan, yang selama ini menyebabkan banjir di wilayah tersebut.

Tabel 4. 7 Persentase Reduksi Banjir

“HERO” (*Hexagonal underground flood prevention*)

No.	Sub DTA	Volume air hujan dari Debit (Q1) liter/hari	Total air hujan dipanen (T1+T2) liter/hari	Persentase (%) reduksi banjir/hari
1	Sub DTA 1	1.423.857,99	47.423,99	96,6693 %
2	Sub DTA 3	2.008.407,60	66.893,41	96,6693 %
3	Sub DTA 6	2.685.776,76	89.454,33	96,6693 %
4	Sub DTA 11	1.941.174,89	64.654,11	96,6693 %

B. Pemenuhan kebutuhan air rumah tangga melalui tampungan 1 (T1)

Potensi air hujan yang dapat ditampung pada tampungan pertama (T1) adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 8 Pemenuhan kebutuhan air rumah tangga dengan “HERO” (Hexagonal underground flood prevention)

No	Sub DTA	Jumlah penduduk	Jumlah Tampungan 1 (T1)	Kapasitas Tampungan 1 (T1)	Jumlah kebutuhan air/hari	Total Air dipanen Pada Tampungan 1 (T1)	Persentase (%) reduksi pengeluaran (Rp/hari)
1	Sub DTA 1	149	38	650	21.456	24.700	100%
2	Sub DTA 3	210	53	650	30.240	34.450	100%
3	Sub DTA 6	203	51	650	29.232	33.150	100%
4	Sub DTA 11	345	87	650	50.688	56.550	100%
Total ditampung (T1)		907	229	148.850 liter/hari			

Dari tabel diatas maka kebutuhan sehari-hari tiap rumah tangga dapat dipenuhi dengan air pada tampungan pertama (1). Namun ketika musim kemarau tiba maka perlu sumber air lainnya, bisa melalui tampungan 2 (T2) yang dinaikan atau menggunakan PDAM. Masyarakat pada Sub DTA tersebut dapat menghemat biaya pengeluaran air bersih sebesar 100% dan juga berpartisipasi dalam upaya menjaga ketersediaan air bersih.

C. Penyediaan cadangan air melalui tampungan 2 (T2)

Tabel 4. 9 Penyediaan Cadangan air dengan

“HERO” (Hexagonal underground flood prevention)

No	Sub DTA	Sisa limpasan dari (T1)	Jumlah Tampungan 2 (T2)	Kapasitas Tampungan 2 (T2)	Total ditampung liter/hari	Waktu (T2) Terpenuhi (hari)
1	Sub DTA 1	22.723,99	1	100.000	22.723,99	5
2	Sub DTA 3	32.443,41	1	100.000	32.443,41	4

3	Sub DTA 6	56.304,33	1	100.000	56.304,33	2
4	Sub DTA 11	8.104,11	1	100.000	8.104,11	12
Total ditampung (T2)			119.575,83 liter/hari			

Cadangan air pada tampungan 2 untuk mencapai kapasitas maksimum memiliki waktunya masing-masing. Walau begitu tampungan 2 (T2) tetap bisa digunakan untuk keperluan sewaktu-waktu. Tampungan 2 (T2) ini nantinya bisa digunakan untuk memenuhi kebutuhan air di area Embung Langensari seperti, menyiram taman, air mancur, dan kebutuhan untuk toilet umum (dengan ditambah sumber air lainnya). Selain itu tampungan 2 (T2) nantinya bisa dijadikan persediaan air sewaktu-waktu yang dapat digunakan kapan saja, semisal : kekeringan, kebakaran, dan bencana lainnya.



Gambar 4. 7 Rancangan Pengembangan Embung Langensari dan sasaran penerapan "HERO" (Hexagonal underground flood prevention)

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

- A. Dengan Intensitas Hujan sebesar 317,289 mm/jam yang dihitung dengan kala ulang 10 tahunan didapatkan debit air hujan melalui permukaan (Q1) sebesar 24,9076 m³/s, Debit air hujan melalui saluran (Q2) sebesar 11,00625 m³/s, dimana jika $Q1 > Q2$ maka terjadi banjir di wilayah tersebut.
- B. Volume air hujan yang dapat dipanen (Vh) penulis hanya menentukan Sub DTA 1,3,6 dan 11 dengan pertimbangan Sub DTA tersebut merupakan penyumbang Q1 terbesar dan juga karena pada sub DTA tersebut memiliki area terbuka yang cukup untuk membuat tampungan bawah tanah. Jumlah volume yang dapat dipanen sebesar 268.425,83 liter/hari untuk 4 sub dta, dengan masing-masing sub dta 1 sebesar 47.423,99 liter/hari, sub dta 3 sebesar 66.893,41 liter/hari, sub dta 6 sebesar 89.454,33 liter/hari, dan sub dta 11 sebesar 64.654,11 liter/hari.
- C. Inovasi “HERO” (*Hexagonal underground flood prevention*) dapat memenuhi persediaan kebutuhan air rumah tangga di area Sub DTA 1,3,6 dan 11 secara penuh melalui Tampungan 1 (T1) dan mereduksi biaya penggunaan air bersih sebesar 100%,serta dapat menyediakan cadangan air melalui tampungan 2 (T2) untuk kebutuhan air di area Embung Langensari, penyediaan air sewaktu-waktu : kekeringan,kebakaran, dan sebagainya.
- D. Inovasi “HERO” (*Hexagonal underground flood prevention*) dapat mereduksi banjir di Sub DTA 1,3,6 dan 11 sebesar 96,6693 %perharinya.

5.2 Saran

- A. Untuk penentuan luasan bisa menggunakan *software* khusus pemetaan agar mendapat luasan yang akurat.
- B. Jika ingin mereduksi debit air hujan melalui permukaan (Q1) yang lebih besar bisa dipasang setidaknya tampung pertama (T1) pada setiap Sub DTA
- C. Diperlukan kerjasama dari seluruh pihak agar inovasi ini dapat benar-benar di implementasikan

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, Chay. (1995). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Anonim. 2012. *Rainwater Harvesting Best Practice Guidebook: Residential Rainwater Harvesting Design and Installation*. Kanada: Regional District of Nanaimo, Nanaimo, B.C.
- <https://www.jawapos.com/jpg-today/03/12/2018/sungai-belik-meluap-puluhan-rumah-di-jogja-terendam-banjir/>. Diakses 30 Juni 2019
- <https://tirto.id/hujan-lebat-akibatkan-banjir-dan-longsor-di-yogyakarta-djJZ>. Diakses 1 Juli 2019
- <https://www.pu.go.id/berita/view/4175/pemakaian-air-rumah-tangga-perkotaan-144-liter-perhari>. Diakses 2 Juli 2019
- <https://kependudukan.jogjaprovo.go.id>. Diakses 15 Juli 2019.
- <https://jogja.tribunnews.com/2017/10/12/tambahan-pasokan-air-pdam-tirtamarta-yogyakarta-tunggu-instalasi>. Diakses 21 Juli 2019
- Maryono, A. (2016). *Menangani Banjir, Kekeringan, dan Lingkungan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Maryono, A. (2005). *Memanen Air Hujan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Praja, S. A. and Suyono 2013 *Evaluation of the Capacity of the Belik River in Yogyakarta Jurnal Bumi Indonesia* 2 No. 3 pp. 55 – 62
- Prastica, R M S P. 2019. *Integrated Multimodal Disaster Mitigation Management for Urban Areas - A Preliminary Study for 2-D Flood Modeling The First ICCIM 2019*. Universitas Tarumanagara.
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.

LAMPIRAN

L.1 Detail Perhitungan Analisis Frekuensi

Tabel L. 1 Analisis Frekuensi dengan Metode Distribusi Normal

No	Periode ulang (Tahun)	\bar{X}	K_T	S	X_t
1	2	93,2	0	44,03	93,2
2	5	93,2	0,84	44,03	130,1852
3	10	93,2	1,28	44,03	149,5584
4	20	93,2	1,64	44,03	165,4092
5	50	93,2	2,05	44,03	183,4615
6	100	93,2	2,33	44,03	195,7899

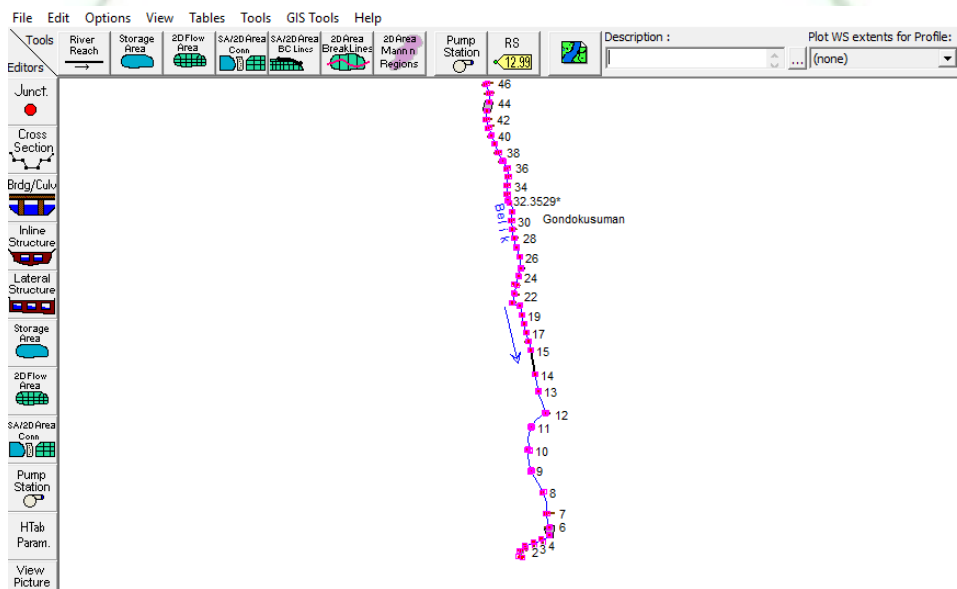
Tabel L. 2 Analisis Frekuensi dengan Metode Gumbel

No	periode ulang (tahun)	\bar{X}	Y_T	Y_n	S_n	$Y_T - Y_n$	$(Y_T - Y_n) / S_n$	S	$((Y_T - Y_n) / S_n) \times S$	X_t
1	2	93,2	0,3665	0,495 2	0,949 6	0,128 7	0,135 53075	44,03	5,967 41891 3	87,23 26
2	5	93,2	1,5004	0,495 2	0,949 6	1,005 2	1,058 55096 9	44,03	46,60 79991 6	139,8 08
3	10	93,2	2,251	0,495 2	0,949 6	1,755 8	1,848 98904 8	44,03	81,41 09877 8	174,6 11
4	20	93,2	2,9709	0,495 2	0,949 6	2,475 7	2,607 09772 5	44,03	114,7 90512 8	207,9 91
5	50	93,2	3,9028	0,495 2	0,949 6	3,407 6	3,588 45829 8	44,03	157,9 99818 9	251,2
6	100	93,2	4,6012	0,495 2	0,949 6	4,106	4,323 92586 4	44,03	190,3 82455 8	283,5 82

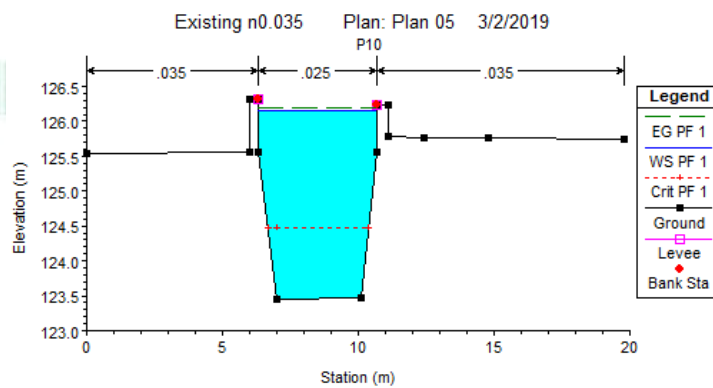
Tabel L. 3 Metode Distribusi Log Pearson Tipe III

No	Periode ulang (Tahun)	Log \bar{X}	K	S	Log X_T	X_T
1	2	1,924217	-0,033	0,20530607	1,9174	82,6880
2	5	1,924217	0,831	0,20530607	2,0948	124,4018
3	10	1,924217	1,301	0,20530607	2,1913	155,3534
4	25	1,924217	1,818	0,20530607	2,2975	198,3645
5	50	1,924217	2,159	0,20530607	2,3675	233,0630
6	100	1,924217	2,472	0,20530607	2,4317	270,2303

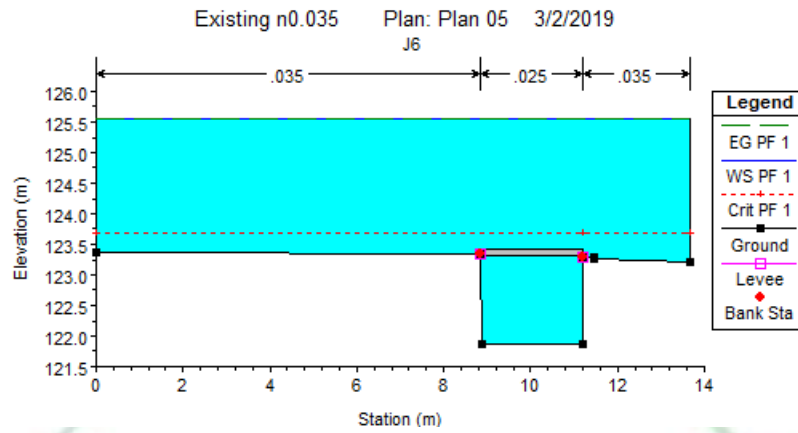
L.2 Pemodelan Daerah Aliran Sungai Belik Menggunakan Software HEC-RASE



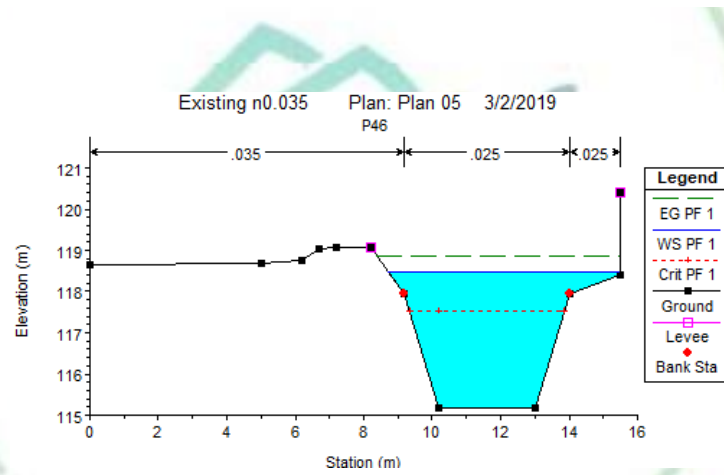
Gambar L. 1 Pemodelan Antarmuka 2-D HEC-RAS DAS Belik



Gambar L. 2 Kondisi Bagian Hulu Sungai



Gambar L. 3 Kondisi Bagian Tengah Sungai



Gambar L. 4 Kondisi Bagian Hilir Sungai

LOMBA KARYA TULIS ILMIAH IX