

# ANALISIS REDUKSI GENANGAN PADA SALURAN DRAINASE DI PESISIR KOTA PALU YANG BERWAWASAN LINGKUNGAN (*Analysis Of Inundation Reduction In Drainage Channel At Coastal Palu City With Environmental Insight*)

Irenne Ismayanti Romadona<sup>1</sup>, Ussy Andawayanti<sup>2</sup>, Evi Nur Cahya<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Magister Sumber Daya Air, Teknik Pengairan, Universitas Brawijaya, Malang

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang

Email: irenne.romadona@gmail.com

**ABSTRAK:** Kota Palu sebagai Ibu Kota Provinsi Sulawesi Tengah ketika musim penghujan tiba pada sebagian wilayahnya timbul genangan. Genangan diakibatkan oleh pembangunan yang kian pesat, sistem drainase bersifat konvensional, tingginya sedimentasi serta kondisi topografi di bagian pesisir yang cenderung datar. Alternatif penanggulangan genangan yang ditawarkan adalah dengan merehabilitasi saluran eksisting, merencanakan pemanenan air hujan (PAH), parit berorak serta kolam tampungan sementara yang dilengkapi pintu klep otomatis. Rehabilitasi dilakukan dengan menambah kedalaman saluran, dimana volume galian tidak terlalu besar karena muka air tanah cukup dangkal. Untuk PAH, kapasitas *rain barrel* bervariasi mulai dari 350 liter sampai 1050 liter serta dilengkapi sumur tampungan sementara. Pengkombinasian rehabilitasi saluran dan PAH, efektivitas reduksi genangan pada DTA 1 mencapai 93,5% dan DTA 2 mencapai 99,6%. Sedangkan parit berorak, ukuran tiap orak menyesuaikan lebar saluran drainase. Efektivitas reduksi genangannya mencapai 81% pada DTA 1 dan 98,9% pada DTA 2. Rencana anggaran biaya untuk satu buah PAH antara Rp. 1.492.505,- sampai Rp. 2.692.505,- tergantung kapasitas *rain barrel*. Sedangkan parit berorak antara Rp. 556.000,- sampai Rp. 808.000,- tergantung ukuran orak. Dari kedua alternatif, pengkombinasian rehabilitasi saluran, perencanaan kolam tampungan dan pintu klep otomatis serta perencanaan PAH dipilih karena efektivitas reduksi lebih besar serta perawatan PAH lebih mudah.

**Kata kunci:** genangan, reduksi, PAH, drainase, parit berorak

**ABSTRACT:** When the rainy season arrives inundation occurs in some areas in Palu, the capital city of Central Sulawesi. It's due to rapid development, outdated drainage systems, high level of sedimentation and the topographic condition. Solutions to overcome the problem are rehabilitating existing drainage, rainwater harvesting, gully plug and temporary storage pond equipped with automatic valve door. Rehabilitation is done by increasing the depth of existing drainage. For rainwater harvesting, the rain barrels capacity varies from 350 - 1050 liters equipped with storage well. By combining the rehabilitation and rainwater harvesting, the effectiveness of inundation reduction in DTA 1 93,5% and in DTA 2 99,6%. For gully plug, each size of gully plug is set to fit the width of channel. The effectiveness of inundation reduction 81% in DTA 1 and 98,9% in DTA 2. The budget plan for rainwater harvesting between Rp. 1.492.505,- to Rp. 2.692.505,- depending on rain barrel capacity. For gully plug between Rp. 556.000,- to Rp. 808.000,- depending on the size of gully plug. Combination of rehabilitation, temporary storage pond equipped with automatic valve door also rainwater harvesting was chosen because the effectiveness of greater reduction and maintenance of rainwater harvesting was much easier.

**Keywords:** inundation, reduction, rainwater harvesting, drainage, gully plug

Sebagai salah satu kota pesisir dan kota yang sedang berkembang, Kota Palu sebagai Ibu Kota Provinsi Sulawesi Tengah masih sangat

banyak memiliki permasalahan. Saat musim penghujan tiba di sebagian wilayah terdapat genangan yang cukup mengganggu aktifitas

masyarakat. Laju pertumbuhan penduduk yang cepat serta perkembangan ekonomi yang cukup pesat menyebabkan permintaan akan kebutuhan lahan juga semakin meningkat. Seiring dengan berkembangnya wilayah kota, luas lahan dan sungai sebagai kawasan resapan/tampungan air jumlahnya semakin berkurang. Sehingga mengakibatkan terjadinya genangan di beberapa titik wilayah di Kota Palu.

Lokasi studi dari Penelitian ini terletak di Kecamatan Palu Timur dengan topografi yang cenderung datar. Kawasan ini merupakan daerah perkantoran, perdagangan dan sebagian besar merupakan daerah permukiman padat. Pembagian daerah aliran serta koefisien pengaliran untuk tiap-tiap saluran dilakukan dengan bantuan peta arah aliran. Untuk lokasi studi sendiri sebagaimana disajikan pada Gambar 1, dibagi menjadi 2 Daerah Tangkapan Air (DTA), yang mana outlet-nya berada di Sungai Palu.

Berdasarkan uraian permasalahan di atas, maka dapat dirumuskan masalah yang akan dibahas yaitu:

1. Bagaimana kondisi sistem jaringan drainase eksisting di pesisir Kota Palu?
2. Bagaimana pengelolaan drainase yang berwawasan lingkungan yang sesuai dengan kondisi pesisir Kota Palu?
3. Bagaimanakah efektifitas penanggulangan genangan dapat mereduksi genangan di pesisir Kota Palu?

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengevaluasi kapasitas jaringan drainase eksisting di pesisir Kota Palu.
2. Mengetahui bentuk pengelolaan drainase yang berwawasan lingkungan yang sesuai dengan kondisi pesisir Kota Palu.
3. Mengetahui besar prosentase reduksi genangan di pesisir Kota Palu setelah dilakukan penanganan.

Sedangkan manfaat yang diharapkan adalah untuk mendapatkan solusi penanganan genangan sehingga diharapkan dapat memberikan masukan dan rekomendasi kepada pihak/instansi terkait yang berhubungan dengan penanganan genangan di Kota Palu yang berkelanjutan serta ber-wawasan lingkungan. Serta sebagai sumbangsih ilmu pengetahuan khususnya dalam bidang teknik sumber daya air.

## METODE PENELITIAN

### Lokasi Studi

Lokasi studi berada di pesisir Kota Palu, tepatnya di Kelurahan Besusu Barat dan Kelurahan Besusu Tengah, Kecamatan Palu Timur, Provinsi Sulawesi Tengah. Yang dibagi menjadi dua DTA (DTA1 dan DTA 2) dimana outletnya berada di Sungai Palu.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

### Pengumpulan Data

Untuk penyelesaian studi, diperlukan kegiatan pengumpulan dan pengolahan data. Pengumpulan data adalah berupa data primer dan data sekunder yang dilakukan dengan penelusuran dan pengkajian data yang berupa laporan, publikasi, dokumen dari berbagai instansi terkait dan buku-buku yang mendukung serta relevan dengan permasalahan yang diteliti. Data dapat berupa data curah hujan, peta sistem jaringan drainase dan genangan, kondisi saluran drainase serta data dan peta pendukung lainnya. Berikut ini adalah data-data yang dipergunakan:

1. Data Curah Hujan. Berasal dari stasiun hujan yang berada di sekitar wilayah studi (Stasiun Mutiara, Stasiun Geofisika Balaroa, Stasiun Porame), yang dikelola oleh Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Kota Palu dan Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Sulawesi III. Jumlah data adalah 10 tahunan (2007-2016) untuk tiap-tiap stasiun hujan. Data hujan ini digunakan untuk menganalisa curah hujan rancangan.
2. Data Saluran Drainase Eksisting. Diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum (PU) Cipta Karya dan Tata Ruang Provinsi Sulawesi Tengah. Data ini digunakan untuk mengetahui dimensi serta kapasitas saluran pada lokasi studi.
3. Peta Topografi dan Arah Aliran  
Peta topografi dan arah aliran diperoleh dari

- Dinas PU Cipta Karya dan Tata Ruang Provinsi Sulawesi Tengah. Peta ini digunakan untuk memperoleh gambaran lokasi studi. Dari peta ini dapat diketahui bentuk permukaan lokasi studi, elevasi, kontur serta kemiringan lahan sehingga arah aliran dapat diprediksikan.
4. Peta Sistem Jaringan Drainase dan Genangan. Diperoleh dari Dinas PU Cipta Karya dan Tata Ruang Provinsi Sulawesi Tengah. Digunakan untuk mengetahui kondisi eksisting sistem jaringan drainase dan luas daerah genangan pada lokasi studi.
  5. Peta Tata Guna Lahan. Diperoleh dari Dinas PU Cipta Karya dan Tata Ruang Provinsi Sulawesi Tengah. Digunakan untuk mengetahui tata guna lahan eksisting pada lokasi studi. Dengan peta tata guna lahan, maka koefisien pengaliran (c) dapat ditentukan.
  6. Data Jumlah Penduduk. Diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Sulawesi Tengah. Data ini digunakan untuk memproyeksikan pertumbuhan penduduk serta kepadatan penduduk pada lokasi studi, untuk menentukan besar air buangan.
  7. Data Pasang Surut. Diperoleh dari Hidro-oseanografi TNI AL. Data pasang surut digunakan untuk menentukan elevasi pasang surut air laut serta pengaruhnya terhadap saluran utama.
  8. Data Profil Memanjang dan Melintang Sungai Palu  
Data diperoleh dari Dinas PU Cipta Karya dan Tata Ruang Provinsi Sulawesi Tengah. Data ini digunakan untuk mengetahui pengaruh pasang surut air laut serta pengaruh *backwater*.
2. Menganalisis sistem drainase untuk menentukan penyebab terjadinya genangan
    - Menghitung intensitas hujan dengan persamaan Mononobe.
    - Menentukan jumlah tahun kala ulang genangan.
    - Menentukan koefisien pengaliran dan luas masing-masing saluran drainase.
    - Menghitung debit air hujan dengan persamaan rasional yang telah dimodifikasi.
    - Menghitung debit air kotor atau buangan penduduk.
    - Menghitung debit total atau debit banjir rencana.
    - Menghitung kapasitas saluran eksisting.
    - Menghitung selisih debit antara kapasitas saluran eksisting dengan debit rancangan untuk mengetahui saluran yang tidak mampu menampung debit rancangan.
  3. Menghitung pengaruh pasang surut pada saluran utama.
  4. Menghitung pengaruh *backwater* pada *outlet* saluran dengan metode tahapan langsung.
  5. Merencanakan alternatif penanggulangan genangan.
  6. Menghitung beban genangan yang tereduksi (efektivitas).
  7. Menghitung rencana anggaran biaya (RAB).

### Curah Hujan Rerata Daerah

Dalam studi ini, metode yang digunakan untuk menghitung curah hujan rerata daerah adalah dengan metode poligon Thiessen. Metode ini memberi nilai tertentu untuk setiap stasiun hujan dengan tujuan setiap stasiun hujan dianggap mewakili hujan dalam suatu daerah dengan luas tertentu. Metode ini dipilih karena penyebaran lokasi stasiun hujan tidak merata dan seluruh stasiun hujan berada diluar DTA lokasi penelitian, serta kondisi topografi daerah studi relatif datar.

### Curah Hujan Rancangan Metode Log Pearson Type III

Pada penelitian ini, untuk menghitung curah hujan rancangan digunakan metode Log Pearson Type III, karena metode ini dapat dipakai untuk seluruh sebaran data tanpa harus memenuhi syarat koefisien kepengcangan

### Tahapan Analisa

Melakukan pendekatan analisis data dengan menggunakan model statistik dan model empirik yang telah ada, yaitu:

1. Melaksanakan analisis hidrologi
  - Melakukan uji konsistensi data hujan dan uji deret berkala data hidrologi, dilakukan untuk mengetahui ada atau tidaknya kesalahan atau penyimpangan data.
  - Menghitung curah hujan maksimum daerah dengan menggunakan metode poligon Thiessen.
  - Menghitung curah hujan rancangan dengan menggunakan metode Log Pearson Type III.

(skewness) dan koefisien kepuncakkan (*curtosis*). Persamaan yang digunakan pada metode Log Pearson Type III adalah sebagai berikut:

$$\text{Log}\bar{X} = \overline{\text{Log} X} + k(\overline{S\text{Log}X}) \quad (1)$$

di mana:

$\text{Log} X$  = nilai logaritma hujan rancangan

$\overline{\text{Log}X}$  = nilai rerata logaritma

$\overline{S\text{Log}X}$  = nilai standar deviasi dari log x

Pada penelitian ini, digunakan curah hujan rancangan dengan kala ulang 5 tahun.

### Intensitas Hujan Rancangan

Pada umumnya untuk perencanaan drainase untuk perencanaan drainase pada kawasan perumahan, taman kota kampus menggunakan kala ulang 5 tahun. Makin tinggi kala ulangnya, maka debit rancangan semakin besar. Jika data hujan jam-jaman tidak tersedia, maka pola distribusi hujan jam-jaman dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan sebaran dan nisbah hujan jam-jaman dengan menggunakan Rumus Mononobe sebagai berikut:

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

di mana:

$I$  = Intensitas hujan rata-rata dalam t jam (mm/jam)

$R_{24}$  = Curah hujan maksimum dalam satu hari (mm/jam)

$T_c$  = Waktu konsentrasi hujan (jam), untuk Indonesia 5-7 jam

$n$  = Tetapan (untuk Indonesia diperkirakan:  $n \sim 2/3$ )

### Jumlah Tahun Kala Ulang

Tahapan analisa penentuan kala ulang genangan adalah sebagai berikut:

1. Menganalisa volume genangan.
2. Menganalisa luas lahan tergenang dan tidak tergenang.
3. Menghitung volume air tertampung.
4. Menghitung kapasitas saluran eksisting.
5. Mengetahui volume air yang melimpas.
6. Mengubah volume genangan menjadi debit kala ulang.
7. Menentukan kala ulang berdasarkan analisa intensitas hujan.

### Debit Akibat Air Hujan

Metode rasional digunakan untuk

menghitung debit banjir drainase yang berupa debit puncak banjir, sehingga termasuk banjir rancangan non hidrograf. Berikut ini adalah rumus rasional yang telah dimodifikasi dengan memasukkan koefisien penampungan (Suhardjono, 2015):

$$Q = 0,278 \times Cs.C.I.A \quad (3)$$

di mana:

$Q$  = Debit banjir rencana (m<sup>3</sup>/det)

$C$  = Koefisien limpasan

$I$  = Intensitas hujan pada durasi yang sama dengan waktu konsentrasi dan pada periode ulang tertentu (mm/jam)

$A$  = Luas *catchment area* (km<sup>2</sup>)

$C_s$  = Koefisien hambatan akibat tampungan

0,278 = Faktor konversi (agar satuan menjadi m<sup>3</sup>/dt)

### Aliran Backwater

Aliran balik terjadi jika aliran mengalami hambatan akibat adanya bangunan atau rintangan pada saluran. Pengaruh kenaikan muka air bagian hulu bangunan perlu dianalisa dengan sasaran utama menentukan bentuk profil aliran (aliran berubah lambat laun/*gradually varied flow*). Metode tahapan langsung adalah cara yang mudah dan sederhana, yang digunakan untuk menghitung profil muka air pada aliran tidak permanen. Metode ini dikembangkan dari persamaan energi sebagai berikut (Suripin, 2004):

$$z_1 + h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_f \quad (4)$$

di mana:

$z$  = ketinggian dasar saluran dari garis referensi (m)

$h$  = kedalaman air dari dasar saluran (m)

$V$  = kecepatan rata-rata (m/det)

$g$  = percepatan gravitasi (m/det<sup>2</sup>)

$h_f$  = kehilangan energi karena gesekan dasar saluran

### HASIL DAN PEMBAHASAN Daerah Tangkapan Air (DTA)

Pembagian daerah aliran serta koefisien pengaliran untuk tiap-tiap saluran dilakukan dengan bantuan peta arah aliran. Untuk itu lokasi studi dibagi menjadi dua DTA (DTA 1 dan DTA 2).

**Uji Data Curah Hujan**

• Uji Konsistensi

Berdasarkan hasil pengujian curah hujan dengan menggunakan analisa kurva massa ganda (*double mass curve analysis*), terlihat bahwa data hujan menunjukkan nilai R mendekati 1 maka diperoleh kesimpulan bahwa data dari ketiga stasiun tersebut konsisten dan dapat digunakan untuk analisis hidrologi selanjutnya.

• Uji Ketidakadaan Tren

Metode yang digunakan dalam uji ini adalah metode *Spearmen* menggunakan uji T-2 sisi.

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Uji Ketiadakaan Tren

No	Stasiun Hujan	Ketidakadaan Trend ( $t_{hitung} < t_{tabel}$ )		Hasil Uji
		Nilai $t_{hitung}$	Nilai $t_{tabel}$	
1	Stasiun Mutiara	-4,193	1,860	Independen
2	Stasiun Geofisika Balaroa	-4,020	1,860	Independen
3	Stasiun Porame	-4,000	1,860	Independen

Dari Tabel 1 di atas, data curah hujan ketiga stasiun menunjukkan ketidakadaan tren.

• Uji Stasioner

Pengujian nilai varian dari deret berkala dapat dilakukan dengan uji F (*Fischer Test*).

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Uji Stasioner

No	Stasiun Hujan	Uji Stasioner ( $t_{hitung} < t_{tabel}$ )			Hasil Uji	
		Kestabilan Varian		Kestabilan Nilai Rata-rata		
		Nilai $F_{hitung}$	Nilai $F_{tabel}$	Nilai $t_{hitung}$	Nilai $t_{tabel}$	
1	Stasiun Mutiara	0,538	6,00	-0,352	1,860	Stabil
2	Stasiun Geofisika Balaroa	2,414	6,00	-0,237	1,860	Stabil
3	Stasiun Porame	0,826	6,00	0,100	1,860	Stabil

Dari Tabel 2 di atas, data tersebut dapat diterima dan cukup handal untuk digunakan dalam analisis hidrologi selanjutnya.

• Uji Persistensi

Persistensi merupakan ketidak tergantungan dari setiap nilai dalam deret berkala. Untuk melakukan pengujian persistensi harus dihitung besarnya koefisien korelasi serial.

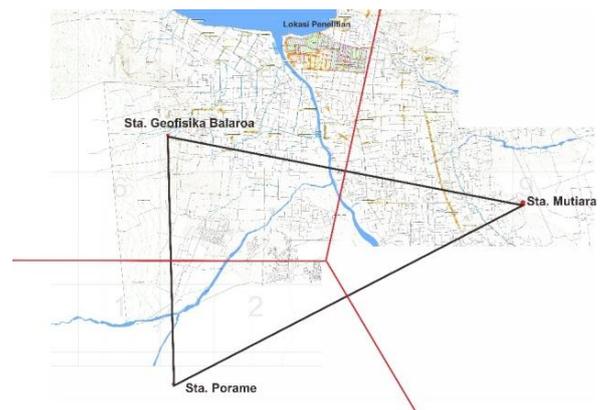
Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Uji Persistensi

No	Stasiun Hujan	Uji Stasioner ( $t_{hitung} < t_{tabel}$ )		Hasil Uji
		Nilai $t_{hitung}$	Nilai $t_{tabel}$	
1	Stasiun Mutiara	-4,067	1,895	Bersifat Acak
2	Stasiun Geofisika Balaroa	0,972	1,895	Bersifat Acak
3	Stasiun Porame	0,305	1,895	Bersifat Acak

Dari Tabel 3 di atas, dapat disimpulkan bahwa data curah hujan ketiga stasiun di atas bersifat acak.

**Curah Hujan Rerata Daerah**

Dari tiga stasiun hujan kemudian dilakukan perhitungan curah hujan rerata daerah dengan menggunakan metode Poligon Thiessen untuk mengetahui luas pengaruh masing-masing stasiun. Dari perhitungan tersebut maka diketahui bahwa Stasiun Geofisika Balaroa berpengaruh terhadap lokasi studi.



Gambar 2. Poligon Thiessen

Tabel 4. Curah Hujan Rerata Daerah Studi

Tahun	CHH Maksimum Sta. Geofisika (mm)	CH Rerata Daerah (mm)
1	2	3
2006	75.00	75
2007	59.00	59
2008	39.50	39.5
2009	39.50	39.5
2010	82.50	82.5
2011	65.00	65
2012	77.00	77
2013	48.70	48.7
2014	74.70	74.7
2015	52.50	52.5

**Curah Hujan Rancangan**

Curah hujan rancangan pada lokasi studi menggunakan metode Log Pearson Type III.

Dari hasil analisa data yang dilakukan, maka diperoleh curah hujan rancangan dengan kala ulang 1,01; 2; 5; 10; 25; 50; dan 100 tahun. Hasil analisa disajikan pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Curah Hujan Rancangan

Tr Tahun	P (%)	X <sub>T</sub> (mm)
1,01	99	28,7124
2	50	60,5874
5	20	75,0868
10	10	83,0839
25	4	90,2996
50	2	97,5268
100	1	102,6714

**Uji Kesesuaian Distribusi**

Setiap distribusi mempunyai sifat yang khas, sehingga data curah hujan harus diuji kecocokkannya dengan metode *Smirnov Kolmogorov* dan *Chi Square* (Sri Harto, 1993).

- Uji Smirnov Kolmogorov  
Merupakan pengujian terhadap penyimpangan data horizontal. Digunakan untuk mengetahui apakah suatu data sesuai dengan jenis sebaran teoritis yang dipilih atau tidak. Analisa dapat dilihat pada Tabel 6 berikut ini.

Tabel 6. Hasil Uji Smirnov Kolmogorov

n	α (%)	Dkritis	Dmaks	Keterangan
10	5	0,409	15,6416	diterima

- Uji Chi Square  
Digunakan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Analisa dapat dilihat pada Tabel 7 berikut ini.

Tabel 7. Hasil Uji Chi Square

n	DK	α (%)	λ <sup>2</sup> <sub>cr</sub>	λ <sup>2</sup> <sub>hitung</sub>	Keterangan
10	1	5	3,84	1,2	diterima

**Intensitas Hujan**

Perhitungan intensitas curah hujan dilakukan guna mengetahui tinggi hujan historis yang mengakibatkan banjir. Hasil perhitungan dengan menggunakan rumus *Mononobe* selanjutnya dibandingkan dengan perhitungan genangan historis, Hasil analisa berdasarkan kala ulang dapat dilihat pada Tabel 8 berikut ini.

Tabel 8. Intensitas Curah Hujan Berdasarkan Kala Ulang

No	Kala Ulang	Peluang Kejadian	Curah Hujan Rancangan (mm)	Intensitas Hujan (mm)
1	1,01	99	28,712	6,381
2	2	50	60,587	13,464
3	5	20	75,087	16,686
4	10	10	83,084	18,463
5	25	4	90,300	20,067
6	50	2	97,527	21,673
7	100	1	102,671	22,816

**Jumlah Tahun Kala Ulang**

Data genangan didapat dari Dinas PU Cipta Karya dan Tata Ruang Propinsi Sulawesi Tengah serta keterangan dari penduduk sekitar lokasi penelitian. Data yang didapatkan telah mengandung informasi mengenai tinggi genangan, luas genangan serta lama genangan. Dari hasil analisa, luas genangan yang tertinggi terdapat pada jalan Hayam Wuruk yaitu sebesar 20.621,09 m<sup>2</sup> dan terendah pada jalan Tadulako sebesar 3.039,67 m<sup>2</sup>. Untuk volume genangan tertinggi pada jalan Undata sebesar 3977,47 m<sup>3</sup>. Sedangkan untuk genangan tertinggi adalah 0,2 meter dan terendah 0,1 meter. Untuk waktu genangan tertinggi adalah selama 120 menit serta terendah adalah selama 30 menit. Untuk jumlah tahun kala ulang diambil dari volume genangan tertinggi, yaitu sebesar 3977,47 m<sup>3</sup> yang kemudian di konversi menjadi 0,04604 m<sup>3</sup>/det. Nilai tersebut apabila dikonversi menjadi 44,44 mm yang mana mendekati curah hujan rancangan 1,5 tahun. Selanjutnya perhitungan kala ulang yang dipakai adalah kala ulang 1,01 tahun, 1,5 tahun, 2 tahun dan 5 tahun.

**Debit Akibat Hujan**

Dengan luas kawasan sebesar 116,85 Ha, perhitungan debit air hujan untuk tiap-tiap DTA menggunakan persamaan rasional modifikasi dengan memasukkan nilai koefisien penampungan (Cs) sebagai koreksi terhadap banyaknya hambatan bangunan di daerah perkotaan. Berikutnya, debit air akibat hujan ditambahkan dengan debit air kotor (buangan) penduduk, sehingga didapatkan debit total atau debit banjir rencana.

**Kapasitas Saluran Drainase Eksisting**

Hasil perbandingan kapasitas saluran drainase eksisting dengan debit banjir rencana kala ulang 1,01; 1,5; 2 dan 5 tahun dapat dilihat pada Tabel 9.

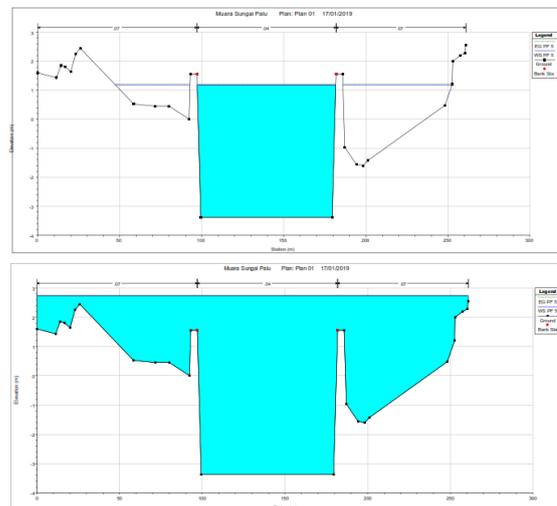
Tabel 9. Perbandingan Kapasitas Saluran Eksisting &amp; Debit Banjir Rencana Berdasarkan Kala Ulang

Ruas Saluran	Kapasitas Saluran Eksisting (m <sup>3</sup> /det)	Debit Banjir Rencana			
		1,01 Tahun (m <sup>3</sup> /det)	1,5 Tahun (m <sup>3</sup> /det)	2 Tahun (m <sup>3</sup> /det)	5 Tahun (m <sup>3</sup> /det)
DTA 1					
SR 3 Kn	0,0843	0,0305	0,0556	0,0644	0,0798
IHH 1 Kn	0,0833	0,1612	0,2940	0,3401	0,4215
SRLP 2 Kr	0,0222	0,1771	0,3229	0,3736	0,4630
SH 3 Kr	0,0583	0,0706	0,1287	0,1489	0,1844
K 1 Kn	0,1995	0,0575	0,1048	0,1212	0,1502
SWJ 1 Kn	0,0467	0,0216	0,0392	0,0454	0,0562
HN 1 Kn	0,0400	0,0267	0,0486	0,0563	0,0697
HW 4 Kn r	0,1435	0,0400	0,0729	0,0843	0,2720
HW 5 Kr	0,2415	0,0400	0,0728	0,0842	0,1043
HW 6 Kr	0,0477	0,0379	0,0689	0,0797	0,0986
RJM 5 Kn (DTA 1 Kr)	0,0738	0,0532	0,0968	0,1120	0,1387

- DTA 1; Untuk kondisi debit rencana kala ulang 1.01 tahun 4 saluran aman, 7 saluran meluap. Pada kala ulang 1.5 tahun 3 saluran aman, 8 saluran meluap. Pada kondisi debit rencana kala ulang 2 tahun 3 saluran aman, 8 saluran meluap. Sedangkan pada kondisi debit rencana kala ulang 5 tahun 3 saluran aman, 8 saluran meluap.
- DTA 2; Untuk debit kala ulang 1.01 tahun 64 saluran aman, 3 saluran meluap. Untuk kala ulang 1.5 tahun 58 saluran aman dan 9 saluran meluap. Pada kondisi debit rencana kala ulang 2 tahun, 55 saluran aman, 12 saluran meluap. Sedangkan pada kondisi debit rencana kala ulang 5 tahun 48 aman, 19 saluran meluap.

### Pasang Surut

Berdasarkan hasil analisa pasang surut dengan menggunakan metode *least square*, maka dapat disimpulkan bahwa jenis pasang surut pada lokasi studi termasuk Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Ganda (*Mixed Tide, Prevailing Semidiurnal*) dengan elevasi pasang tertinggi 2,74 meter. Kemudian dilakukan analisa profil muka air dengan menggunakan program HEC-RAS, untuk mengetahui pengaruh pasang surut terhadap sungai dan outlet saluran.



Gambar 3. Cross Section SP2 tanpa Pasang Surut dan dengan Pasang Surut

Kemudian dilakukan analisa *backwater* dengan menggunakan Metode Tahapan Langsung (*Direct Step Method*) pada saluran utama (Sungai Palu), yang mana pengaruh pasang surut dengan  $h_n = 1,046$  meter berpengaruh hingga sejauh 124,85 meter ke arah hulu saluran. Oleh karena itu, pengaruh *backwater* pada saat terjadi pasang tertinggi hanya berpengaruh hingga SP3 dan outlet DTA 2. Maka untuk perhitungan *backwater* selanjutnya akibat pengaruh pasang surut hanya dilakukan pada outlet DTA 2. Dengan menggunakan metode yang sama didapatkan bahwa pada DTA 2 pengaruh *backwater* pada saluran mempengaruhi hingga sejauh + 328,291 meter bergerak dari hilir ke arah hulu saluran setinggi 0,516 meter.

Tabel 10. Kapasitas Saluran Rehabilitasi

Ruas Saluran	Kapasitas Saluran Eksisting (m <sup>3</sup> /det)	Kapasitas Saluran Rehabilitasi (m <sup>3</sup> /det)
<b>DTA 1</b>		
SWJ 1 Kn	0,0467	0,0797
HN 1 Kn	0,0400	0,0768
HW 5 Kr	0,2415	0,3838
HW 7 Kr	0,0477	0,1550
RJM 5 Kn	0,0738	0,1600
<b>DTA 2</b>		
YJ 1 Kn	0,0989	0,2817
TD 1 Kn	0,2252	0,6247
CDT 1 Kn	0,1221	0,2117
LS 4 Kn	0,1432	0,3972
KT 1 Kr	0,2517	0,4363
SP 2 Kr	0,1853	0,32311
SR 1 Kn	0,1813	0,3141
SRLP 1 Kn	0,0261	0,0457
CM 1 Kr	0,0027	0,0239
CM 2 Kn	0,0027	0,0499
PP 1 Kn	0,0034	0,0118
PP 2 Kr	0,0035	0,0120
SH 1 Kn	0,0886	0,3151
HWII 1 Kn	0,0073	0,0179
HWII 2 Kr	0,0071	0,0176
HWII 3 Kn	0,0088	0,0217
HWII 4Kr	0,0092	0,0227

### Rencana Penanganan Banjir

Rencana penanganan genangan dilakukan secara terpadu dan mengarah kepada konservasi air baik pada musim kemarau maupun penghujan dengan pengoptimalan saluran drainase dan pengkombinasian metode tertentu. Kendala keterbatasan ketersediaan lahan pada beberapa lokasi, tidak memungkinkan dilakukan pelebaran saluran maupun pembuatan saluran tersier baru. Oleh karena itu penanganan yang diusulkan diantaranya sebagai berikut:

1. Rehabilitasi saluran drainase eksisting
2. Kolam tampungan dan pintu air klep otomatis
3. Penampungan Air Hujan (PAH)
4. Parit berorak

Disamping itu diperlukan pula peningkatan peran serta masyarakat sebagai faktor non-teknis.

### Rehabilitasi Saluran Drainase Eksisting

Upaya rehabilitasi penanggulangan genangan dilakukan dengan cara mengubah atau memperbaiki dimensi saluran yang ada berdasarkan hasil evaluasi kapasitas saluran drainase eksisting. Perbaikan dimensi saluran hanya sebatas dengan menambah kedalaman saluran, karena pada lokasi penelitian tidak memungkinkan untuk dilakukan pelebaran

saluran karena keterbatasan lahan. Dari hasil analisa didapatkan bahwa saluran yang dapat direhabilitasi pada DTA 1 sebanyak 5 saluran dari total 8 saluran yang meluap. Sedangkan pada DTA 2 dapat dilihat bahwa dari total 19 saluran yang meluap, saluran yang dapat direhabilitasi berjumlah 17 saluran. Hasil analisa ditampilkan pada Tabel 10.

### Kolam Tampungan

Kolam tampungan memiliki fungsi untuk menampung air dalam kurun waktu tertentu disaat air tidak dapat dialirkan secara langsung ke badan sungai, ketika sungai dalam keadaan banjir maupun pasang. Selain digunakan sebagai tempat penampungan sementara, kolam tampungan juga dapat dimanfaatkan untuk sarana lain diantaranya untuk konservasi air. Volume kolam direncanakan akan menamdebit dari daerah pengaliran RJM 3 Kr seluas 4,58 Ha. Dari hasil perhitungan diperoleh volume aliran yang masuk pada kolam tampungan sebesar 311,74 m<sup>3</sup>, sehingga dibutuhkan dimensi kolam sebagai berikut:

Lebar (B) = 15,00 meter

Kedalaman (H) = 2,00 meter

Panjang (L) = 15,00 meter

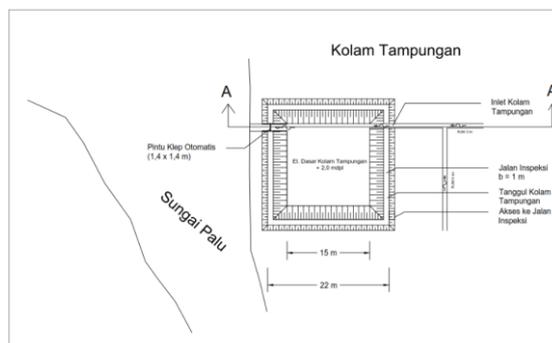
Kolam tampungan ini memiliki kapasitas tampungan sebesar 450 m<sup>3</sup>.

Tabel 11. Perhitungan PAH

No	Ruas Saluran	Vab m <sup>3</sup>	Dimensi Sumur		Vol Rain Barrel m <sup>3</sup>	Jumlah Sumur (n) buah
			L m	H m		
1	2	3	4	5	6	7
1	IHH 1 Kn	12,7854	1	1,5	10,50	1
2	SRLP 2 Kr	10,9416	1	1,5	7,50	1
3	SH 3 Kr	6,8973	1	1,5	3,50	1
4	SH 2 Kr	10,5529	1	1,5	7,50	1
5	UDT 1 Kr	8,7749	1	1,5	6,50	1

Tabel 12. Perhitungan Parit Berorak

No	Nama Saluran	Panjang Saluran (m)	Dimensi Rencana				Jumlah Rorak (buah)	Volume Total Rorak	
			H (m)	P (m)	L (m)	Jarak (m)		(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> /detik)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	IHH 1 Kn	380,00	1	0,6	0,6	5	68	39,06	0,0108
2	SRLP 2 Kr	385,00	1	0,5	0,5	5	70	28,16	0,0078
3	SH3 Kr	389,00	1	0,7	0,7	5	68	43,38	0,0120
1	SH 2 Kr	389,00	1	0,7	0,7	5	68	48,14	0,0134
2	UDT 1 Kr	467,00	1	0,7	0,7	5	82	55,04	0,0153



Gambar 4. Kolam Tampungan

Untuk mengetahui keamanan kolam tampungan, maka dilakukan uji stabilitas terhadap gaya geser dan gaya guling. Dari hasil perhitungan bangunan dinyatakan aman terhadap bahaya geser dan guling.

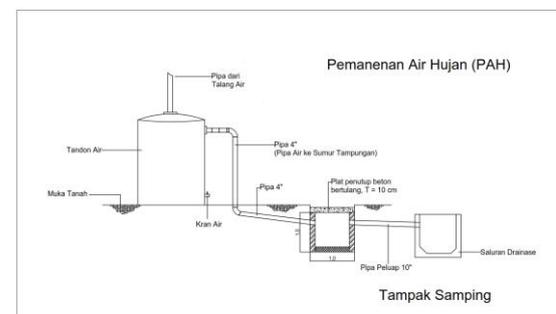
Pintu air pada saluran drainase di daerah pasang surut berfungsi untuk mencegah masuknya air secara berlebih pada saat air pasang dan melepaskan kelebihan air pada waktu surut. Untuk mempermudah pengoperasian, maka buka dan tutupnya pintu air dibuat secara otomatis dengan memanfaatkan tekanan air terhadap klep. Pada saat air pasang, klep akan tertekan sehingga pintu air tertutup. Sedangkan pada saat air surut, klep akan terdorong dan pintu air akan terbuka. Pintu klep otomatis terbuat dari fiberglass tahan korosi, dimensi pintu klep otomatis yang direncanakan berdasarkan hasil perhitungan adalah  $h = 1,4$  meter dan  $B = 1,4$  meter. Pintu dapat mulai bergerak apabila terdapat beda tinggi minimal 2 – 8 cm,

berdasarkan ketentuan spesifikasi pintu air klep otomatis tipe PUSAIR PA-FGI.

### Pemanenan Air Hujan (PAH)

Pemanenan air hujan (PAH) merupakan teknik mengumpulkan air hujan pada suatu tangki penampung, waduk alami, atau pada peresapan air permukaan ke akuifer bawah permukaan. Air hujan yang yang jatuh pada permukaan atap dapat dimanfaatkan untuk keperluan sehari-hari dengan menampungnya terlebih dahulu, kemudian jika sudah penuh air dialirkan ke dalam sumur tampungan.

Volume *rain barrel* yang digunakan bervariasi mulai dari 350 liter sampai 1050 liter, tergantung pada intensitas hujan dan hal ini juga dilakukan untuk membatasi jumlah sumur tampungan yang direncanakan pada tiap rumah (satu rumah satu sumur tampungan). Gambar fasilitas PAH dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini.

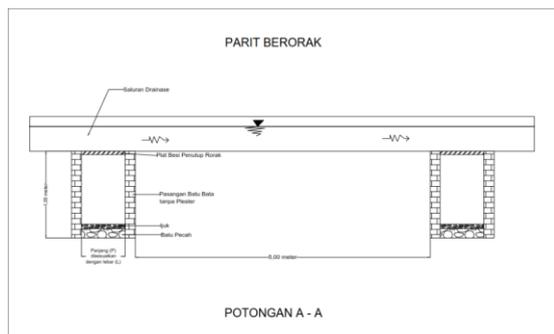


Gambar 5. Fasilitas PAH

**Parit Berorak**

Parit berorak merupakan sumur resapan yang berfungsi meresapkan air melalui parit-parit yang didalamnya diberi sumur-sumur (rorak) penampung air. Parit berorak juga merupakan sumur resapan yang bersifat kolektif dengan jenis sumur resapan dangkal. Konstruksi parit berorak secara umum tidak berbeda jauh dengan sumur resapan, yang membedakannya hanya pada penutup bagian atas. Pada sumur resapan penutup bagian atas menggunakan plat beton bertulang, sedangkan pada rorak menggunakan plat besi penyaring yang bertujuan agar aliran air pada saluran dapat langsung masuk ke dalam rorak.

Perencanaan parit berorak mampu menampung air dengan volume mulai dari 0,0078 m<sup>3</sup>/detik hingga 0,0153 m<sup>3</sup>/detik tergantung pada lebar parit rencana dan jumlah parit berorak yang direncanakan. Gambar parit berorak dapat dilihat pada Gambar 6 dibawah ini.



Gambar 6. Parit Berorak

**Efektivitas Reduksi Genangan**

Penanganan genangan pada lokasi penelitian dapat dikatakan berhasil jika genangan yang terjadi dapat tereduksi seluruhnya. Dibawah ini adalah tabel-tabel perhitungan efektivitas reduksi genangan dari beberapa alternatif yang ditawarkan pada lokasi penelitian.

Tabel. 13 Rekapitulasi Efektivitas Reduksi Genangan

Penanganan	Efektivitas (%)		
	DTA 1	DTA 2	Total
Alternatif 1 (PAH)	93,5	99,6	96,5
Alternatif 2 (Parit Berorak)	81,00	98,9	89,9

**Rencana Anggaran Biaya (RAB)**

Rencana anggaran biaya (RAB) pada penelitian ini, hanya menghitung besaran biaya konstruksi. Biaya konstruksi yang dimaksud berupa kisaran dalam menaksir besarnya biaya konstruksi.

**RAB Kolam Tampungan**

Dari hasil perhitungan rencana anggaran biaya kolam tampungan, didapatkan kolam tampungan dengan lebar keliling 15 meter x 15 meter serta kedalaman total 2,0 meter, dibutuhkan biaya sebesar Rp. 389.277.808,- .

**RAB Pemanenan Air Hujan (PAH)**

Pembuatan PAH diasumsikan terdapat pada satu pada setiap rumah. Volume *rain barrel* bervariasi 350 liter sampai 1050 liter, hal ini tergantung pada intensitas hujan dan juga dilakukan untuk membatasi jumlah sumur tampungan (satu rumah satu sumur tampungan). Dimensi sumur tampungan sedalam 1,5 meter dengan lebar 1 meter. Rencana anggaran biaya PAH per-unit bervariasi diantara Rp. 1.492.500,- hingga Rp. 2.692.500,-. tergantung dari volume *rain barrel* yang akan digunakan.

**RAB Parit Berorak**

Perencanaan parit berorak konstruksinya disesuaikan dengan lebar saluran yang ada, dengan kedalaman h = 1,00 meter tiap parit serta jarak antar parit adalah 5,00 meter. Harga tiap parit berorak bervariasi mulai dari Rp. 556.000,- sampai Rp. 808.000,- tergantung pada lebar tiap-tiap parit yang direncanakan.

**KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan pada studi Analisis Reduksi Genangan Pada Saluran Drainase Di Pesisir Kota Palu Yang Berwawasan Lingkungan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kondisi saluran drainase eksisting pada beberapa area ternyata tidak mampu menampung debit banjir rancangan 5 tahun. Untuk DTA 1, total saluran eksisting yang dapat menampung debit banjir 5 tahun adalah 3 saluran sedangkan 8 saluran meluap. Dan untuk DTA 2, total saluran yang mampu menampung debit banjir 5 tahun sebanyak 48 saluran dan 19 saluran meluap. Hal ini

disebabkan oleh kurangnya kapasitas saluran drainase eksisting, adanya sedimentasi, sampah, vegetasi serta adanya pengaruh *backwater* pada outlet saluran di DTA 2.

2. Bentuk pengelolaan drainase yang berwawasan lingkungan yang dapat diterapkan pada tiap DTA disesuaikan dengan kondisi masing-masing DTA. Pada beberapa area dilakukan rehabilitasi saluran, dengan pertimbangan lahan yang tersedia masih memungkinkan untuk dilakukan pengerukan dan juga volumenya tidak terlalu besar. Oleh karena itu alternatif penanganan yang diusulkan diantaranya adalah kolam tampungan dan pintu klep otomatis, penampungan air hujan (PAH), dan parit berorak.
3. Efektivitas reduksi genangan dari pengkombinasian alternatif yang digunakan pada PAH mencapai 96,5% pada kedua DTA. Sedangkan kombinasi dengan menggunakan parit berorak sebesar 89,9% pada kedua DTA. Dari kedua alternatif penanganan, maka dipilih alternatif pertama dengan menggunakan PAH karena efektivitas untuk mereduksi genangan lebih besar. Dan juga jika dibandingkan dengan parit berorak, perawatan PAH jauh lebih mudah.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada semua pihak yang turut membantu dalam penyelesaian penelitian ini. Kepada dosen pembimbing yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini. Rekan-rekan seangkatan di Program Magister Teknik Pengairan Universitas Brawijaya atas dukungan dan saran-sarannya.

#### DAFTAR PUSTAKA

Asdak, Chay. (2007). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Dani Eko Guntoro. (2016). *Pengelolaan Drainase Secara Terpadu Untuk Pengendalian Genangan di Kawasan Sidokare Kabupaten Sidoarjo*. Tesis. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.

Ferryandi. (2017). *Model Fisik Skala Penuh Konstruksi Tanggul Dan Pintu Klep Dalam Upaya Penanggulangan Bencana Genangan Air Pasang Surut Perkebunan Kelapa Dalam Berbasis Kearifan Lokal (Studi Kasus Kecamatan Gaung Anak Serka, Kabupaten Indragiri Hilir)*. Jurnal BAPPEDA. 3(3): 141-150.

Ilham Ali. (2017). *Pemanfaatan Sistem Pemanenan Air Hujan (Rainwater Harvesting System) di Perumahan Bone Biru Indah Permai Kota Watampone Dalam Rangka Penerapan Sistem Drainase Berkelanjutan*. Tesis. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.

Kementerian Pekerjaan Umum. (2012). *Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Bidang Pekerjaan Umum*. Jakarta: Balitbang PU.

Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. (2013). *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan Utama (Head Works) KP-02*. Jakarta: Direktorat Irigasi dan Rawa.

Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. (2013). *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Parameter Bangunan KP-06*. Jakarta: Direktorat Irigasi dan Rawa.

Kementerian Pekerjaan Umum Badan Penelitian dan Pengembangan. (2006). *Pintu Air Otomatis Tahan Korosi Bahan Fiber Resin*. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air.

Mizun Bariroh Anis. (2016). *Sistem Pengendalian Genangan di Kecamatan Sampang*. Tesis. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.

Montarcih, L. (2010). *Hidrologi Praktis*. Bandung: CV. Lubuk Agung.

Montarcih, L., & Soetopo, W. (2014). *Statistika Terapan Untuk Teknik Pengairan*. Malang: Citra.

Perencanaan Teknis Drainase Lingkungan Permukiman Kota Palu. (2016). Laporan. Tidak dipublikasikan. Palu.

Provinsi Sulawesi Tengah. (2017). *Harga Satuan Bahan Bangunan Dan Upah*

- Pekerja. Journal Of Building Construction, Interior & Material Price. 36(XXIII) : 689-700.*
- Rahim, Damiri dan Zaman. (2018). *Pemanenan Air Hujan dan Prediksi Aliran Limpasan Dari Atap Dan Halaman Rumah Sebagai Alternatif Penyediaan Air Bersih. Jurnal Prosiding Seminar Nasional Hari Air Dunia 2018. e-ISSN 2621-7449: 131-140.*
- Soewarno. (1995). *Hidrologi, Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data, Jilid II.* Bandung: Nova.
- Suhardjono. (2015). *Drainase Perkotaan.* Malang: Universitas Brawijaya.
- Sunjoto. (2011). *Outline Teknik Drainase Pro-Air.* Yogyakarta. Universitas Gadjah Mada.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan.* Jakarta: Andi Offset.
- Triatmodjo, B. (2006). *Hidrologi Terapan.* Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta.