

## KAJIAN SISTEM PENGENDALI BANJIR KAWASAN ORGANDA KOTA JAYAPURA

Asep Huddiankuwera<sup>1</sup>, Irianto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Sistem Informasi, Universitas Yapis  
Papua, Email: [asephuddiankuwera@gmail.com](mailto:asephuddiankuwera@gmail.com)

<sup>2</sup>Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Sistem Informasi, Universitas Yapis  
Papua, Email: [irian.anto@gmail.com](mailto:irian.anto@gmail.com)

### ABSTRAK

Banjir yang sering terjadi di Kota Jayapura khususnya pada Kawasan Perumahan Organda disebabkan terjadinya alih fungsi lahan yang massif. Terutama pembangunan perumahan di daerah yang selama ini menjadi resapan air. Alih fungsi lahan menyebabkan volume air yang mengalir ke hilir semakin besar dan ketika hujan, ada sedimen terbawa arus air ke badan sungai sehingga menyebabkan air tidak dapat disalurkan melalui sungai dan menyebabkan genangan di perumahan organda. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah saluran eksisting di kawasan perumahan organda kota Jayapura dapat menampung debit banjir rencana. Hasil penelitian menunjukkan bahwa saluran eksisting yang terdapat di kawasan perumahan organda kota Jayapura tidak dapat menampung banjir rencana untuk semua periode ulang 2, 5, 20 dan 25 tahun.

*Kata Kunci* : Kawasan Organda, Pengendalian Banjir, Kota Jayapura

### PENDAHULUAN

Banjir yang sering terjadi di Kota Jayapura khususnya pada Kawasan Perumahan Organda disebabkan terjadinya alih fungsi lahan yang massif. Terutama pembangunan perumahan di daerah yang selama ini menjadi resapan air. Alih fungsi lahan menyebabkan volume air yang mengalir ke hilir semakin besar dan ketika hujan, ada sedimen terbawa arus air ke badan sungai sehingga menyebabkan air tidak dapat disalurkan melalui sungai dan menyebabkan genangan di perumahan organda.

Dalam rangka mengendalikan banjir Kota Jayapura dan sekitarnya, diperlukan penanganan-penanganan yang serius dan terintegrasi dari berbagai pihak yang terkait, khususnya pada Kawasan Perumahan Organda, dimana kebanyakan dari Kawasan ini merupakan kawasan yang berdekatan dengan Daerah Aliran Sungai (DAS) dan daerah yang topografinya rendah.

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan istilah geografi mengenai sebatang anak sungai dan area tanah yang dipengaruhinya. DAS adalah suatu wilayah yang dibatasi oleh batas-batas topografi secara alami sedemikian rupa sehingga setiap air hujan yang jatuh dalam DAS tersebut akan mengalir melalui titik tertentu (titik pengukuran di sungai) dalam DAS tersebut (Asdak, 2010).

Penurunan mutu Daerah Aliran Sungai (DAS) di Indonesia telah menjadi keprihatinan nasional. Hal ini ditandai oleh fluktuasi debit aliran sungai yang tinggi setiap tahun serta meningkatnya laju erosi dan sedimentasi. Akibat yang ditimbulkannya adalah semakin seringnya kejadian banjir dan kekeringan, kurang efisiennya sistem irigasi karena tidak optimalnya distribusi air, penipisan lapisan olah pada lahan pertanian serta terjadinya pendangkalan waduk dari sungai akibat sedimentasi. Apabila masalah ini tidak ditangani segera, maka akan terjadi peningkatan laju penurunan produktivitas DAS dan pendapatan wilayah (Asdak, 2010).

Masalah lain yang sering ditemui pada DAS adalah banjir yang mengakibatkan kerusakan dan penurunan mutu DAS itu sendiri. Banjir dapat terjadi karena curah hujan yang tinggi, intensitas, atau kerusakan akibat penggunaan lahan yang salah.

Persoalan banjir adalah persoalan yang mesti dikaji dari hulu hingga hilir, mulai dari *upstream* hingga *downstream*. Persoalan ini muncul karena daya tampung DAS lebih rendah dari debit banjir dan daya tampung saluran sungai lebih kecil dari debit banjir. Untuk mengatasi persoalan diatas perlu ditinjau seberapakah kemampuan suatu DAS dapat menampung limpasan puncak yang terjadi dan kapasitas tampung sungai dalam menahan debit banjir tersebut (Gunawan, 2014).

Salah satu komponen hidrologi yang sangat penting dalam penyelesaian masalah hidrologi suatu DAS adalah debit sungai. Namun dilain pihak, pencatatan debit sungai yang teratur masih kurang. Untuk mengatasi kekurangan data pengukuran ini, maka debit sungai dapat diperkirakan melalui analisis kesetimbangan air dengan menggunakan berbagai model hidrologi yang ada.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah saluran eksisting di kawasan perumahan organda Jayapura dapat menampung debit banjir rencana.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Debit Aliran

Debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Dalam system satuan SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m<sup>3</sup>/dt). Dalam laporan-laporan teknis, debit aliran biasanya ditunjukkan dalam bentuk hidrograf aliran (Asdak, 2010).

Menurut Rahayu (2009), pengukuran kecepatan aliran dengan metode ini dapat menghasilkan perkiraan kecepatan aliran yang memadai. Prinsip pengukuran metode ini adalah mengukur kecepatan aliran tiap kedalaman pengukuran (d) pada titik interval tertentu dengan "*current meter*" atau "*flowprobe*".

Pengukuran debit sungai dikatakan secara tidak langsung apabila kecepatan alirannya tidak diukur langsung, akan tetapi dihitung berdasarkan rumus hidraulis debit dengan rumus *manning*, *chezy*, serta *Darcy Weisbach*. Salah satu rumusnya yaitu rumus *Manning* dinyatakan dalam bentuk persamaan sebagai berikut :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \dots \dots \dots (1)$$

$$Q = A \times V \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

Q = Debit air (m<sup>3</sup>/detik)

A = Luas Penampang (m<sup>2</sup>)

V = Kecepatan Aliran (m/detik)

R = Jari-jari hidrolis

S = Slope / kemiringan

n = Koefisien Dasar saluran

Pada sungai-sungai yang besar, penggunaan alat ukur yang diterapkan di laboratorium menjadi tidak praktis, dan pengukuran debit dilakukan dengan suatu alat pengukuran kecepatan aliran yang disebut pengukur arus (*current meter*). Suatu hubungan tinggi muka air debit, atau kurva debit (*rating curve*). Kurva debit (*rating curve*) biasa juga disebut lengkung aliran dibuat memplot debit yang diukur terhadap tinggi muka air pada saat pengukuran (Sangsongko, 1985).

## Debit Banjir Rencana Metode HSS Nakayasu

Pada analisis ini digunakan metode hidrograf satuan sintetis nakayasu untuk menyelesaikan perhitungan analisis debit banjir rencana. Berikut perhitungan debit banjir nakayasu.

Parameter Unit Hidrograf yang dibutuhkan :

1. Panjang Sungai/Saluran  
 $L = 11,62 \text{ km}$   
Panjang sungai/saluran di dapatkan dari penentuan Daerah Pengaliran Sungai (DPS) dengan menggunakan peta Tata Air daerah Kota Jayapura.
2. Luas DAS  
 $FDAS = 24,75 \text{ km}^2$   
Luas DAS di dapatkan dari penentuan Daerah Pengaliran Sungai (DPS) dengan menggunakan peta Tata Air daerah Kota Jayapura.
3. Koef. Pengaliran DAS  $CWDAS = 0,3$   
Data CWDAS di dapat kan dari tabel Angka Koefisien Aliran Untuk Tata Guna Lahan, diambil 0,3 karean area DAS berupa area pemukiman tidak padat 0,4 dan area hutan 0,2 diambil mediannya adalah 0,2
4. Time Tag ( $T_g$ )/Waktu Konsentrasi  
 $T_g$  adalah time lag yaitu waktu antara hujan sampai debit puncak banjir (jam). Untuk perhitungan Time Tag( $T_g$ ) harus mengikuti syarat sebagai berikut:  
Untuk  
 $L < 15 \text{ Km}$  Nilai  $T_g = 0,21 L^{0,70}$   
Untuk  
 $L > 15 \text{ Km}$  Nilai  $T_g = 0,40 + 0,058 L$   
Maka, Perhitungan Time Tag( $T_g$ ) pada Analisis ini adalah :  $T_g = 0,21 L^{0,70} = 0,21 \times 11,62^{0,70} = 1,17 \text{ jam}$   
Dikarenakan nilai  $L$  dalam analisis ini kurang dari 15 Km.
5. Satuan Waktu Hujan ( $t_r$ )  
Untuk perhitungan Satuan Waktu Hujan atau Waktu Hujan Efektif ( $T_r$ ) harus mengikuti syarat sebagai berikut:  
 $t_r = 0,50 T_g$  sampai  $1,0 T_g$  (jam)  
maka, perhitungan peritungan Satuan Waktu Hujan ( $t_r$ ) pada Analisis ini adalah:  
 $t_r = 0,75 * 1,17 = 0,88 \text{ jam}$   
di ambil nilai 0,75 dikarenakan nilai tengahnya.
6. Peak Time( $T_p$ )/Tenggang Waktu  
 $T_p = T_g + 0,8.t_r$   
Untuk perhitungan Peak Time ( $T_p$ )/ Nilai tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir di hitung dengan persamaan di atas. Maka apabila diuraikan persamaan perhitungan Peak Time ( $T_p$ ) tersebut adalah :  
 $T_p = 1,17 + 0,8 * 0,88 = 1,87 \text{ jam}$   
Jadi hasil perhitungan Peak Time( $T_p$ )/Nilai Tenggang waktu pada analisis hidrograf nakayasu ini adalah 1,87 jam.

## METODOLOGI PENELITIAN

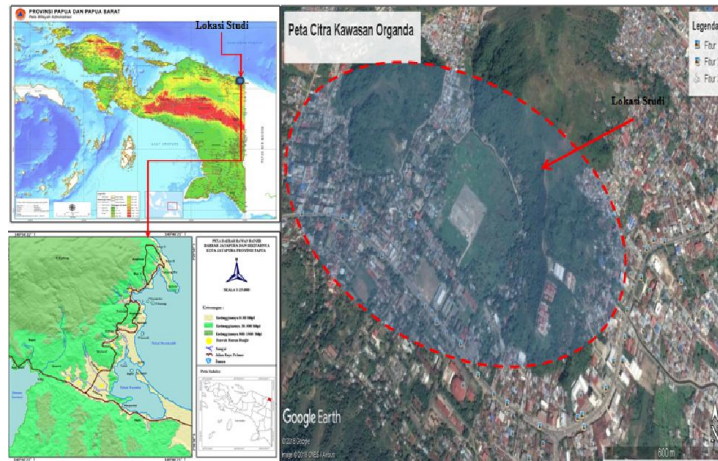
### Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini adalah :

1. Pengukuran dan pengolahan data ukur.
2. Analisis data.

## Lokasi Penelitian

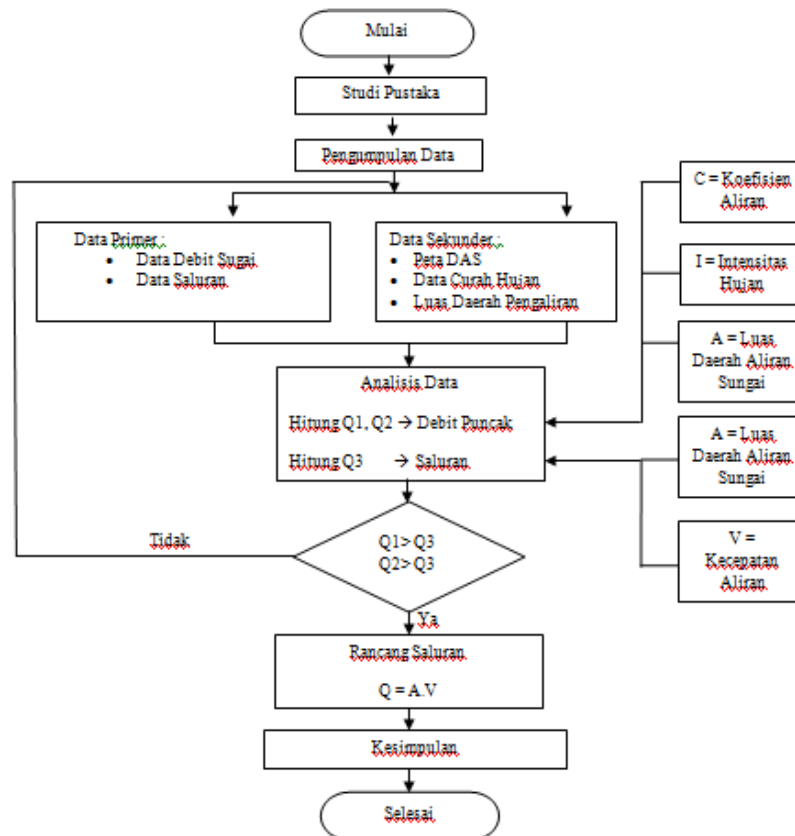
Lokasi penelitian Kajian Sistem Pengendali Banjir Kawasan Organda Kota Jayapura meliputi rencana saluran yang ada di Wilayah Distrik Heram.



Gambar 1. Peta wilayah lokasi studi

## Diagram Alir Penelitian

Gambar 2 memperlihatkan diagram alir penelitian ini



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

### Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan mengkaji kapasitas hidrolis kondisi eksisting Kawasan Organda Kota Jayapura dan pada kondisi rencana sesuai dengan tahapan sebagai berikut :

#### Tahap Pengumpulan data

1. Pengumpulan data catchment area, tata guna lahan, peta topografi
2. Pengumpulan data hidroklimatologi seperti data iklim, data hujan
3. Studi literatur

#### Tahap Pengukuran

1. Pemetaan saluran skala 1 : 2000
2. Pengukuran profil memanjang dan melintang saluran skala H = 1 : 2000; V=1:200 dan profil melintang saluran skala H = 1 : 100, V = 1 : 100
3. Pengukuran bangunan, skala 1 : 500. Pengukuran profil melintang dan memanjang dilakukan 1 km ke arah hulu sungai dan 1 km ke arah hilir.

#### Tahap Analisis

1. Analisis hidrologi
2. Analisis hidrolika

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Hidrologi

Analisa hidrologi dimaksudkan untuk menghitung hujan rencana, debit rencana, yang akan dipakai sebagai dasar perencanaan. Kala Ulang, ditentukan dan dipakai untuk perencanaan yang direncanakan.

### Analisis Curah Hujan Rencana

Data curah hujan yang digunakan untuk Pekerjaan Pengendalian Banjir data Curah Hujan stasiun Meteologi kelas I Sentani. Adapun data curah hujan tersebut seperti terlihat pada tabel berikut ini.

**Tabel 1. Curah Hujan harian maksimum**

Tahun	Bulan (mm)												maks	rata-rata
	Jan	Feb	Maret	Apr	Mei	Jun	juli	Agu	Sep	Okt	Nov	Des		
2008	53.50	47.60	27.40	46.80	61.00	83.50	28.20	15.50	60.80	45.00	15.50	41.00	83.50	43.82
2009	24.50	69.40	139.50	73.10	34.00	25.50	26.70	41.40	61.50	32.70	26.00	75.30	139.50	52.47
2010	89.50	69.10	82.20	40.80	47.30	25.50	44.30	70.80	17.60	34.10	64.50	84.20	89.50	55.83
2011	60.30	28.20	29.80	23.20	46.30	69.60	45.30	112.80	73.30	48.50	104.00	34.00	112.80	56.28
2012	30.90	108.30	58.30	35.10	44.00	35.70	22.00	17.90	60.80	50.60	40.80	17.80	108.30	43.52
2013	151.40	65.50	53.10	123.40	16.60	53.10	24.40	14.10	32.30	39.60	43.40	69.20	151.40	57.18
2014	85.90	59.90	24.00	66.00	30.50	36.30	25.30	60.00	65.40	52.70	65.40	52.70	85.90	52.01
2015	51.30	38.90	33.30	35.70	32.90	35.40	72.20	20.80	42.30	20.20	26.00	16.10	72.20	35.43
2016	32.60	36.50	42.50	23.90	15.40	38.60	42.00	28.70	64.10	27.40	25.20	48.70	64.10	35.47
2017	80.10	46.70	28.30	46.10	39.80	30.50	46.50	55.30	49.00	69.00	54.90	0.00	80.10	45.52
Rata-rata	66.00	57.01	51.84	51.41	36.78	43.37	37.69	43.73	52.71	41.98	46.57	43.90		
Maksimum	151.40	108.30	139.50	123.40	61.00	83.50	72.20	112.80	73.30	69.00	104.00	84.20		

Sumber : Hasil Analisis

**Tabel 2. Hasil Analisis Distrubusi Frekuensi**

Periode	Normal	Log Normal 2	Log Normal 3	Pearson	Log Pearson	Gumbel
2	<b>105.5202</b>	100.8303	104.0145	101.6710	100.4086	100.8740
3	<b>119.5586</b>	114.8316	118.2455	116.0365	116.6002	120.2763
5	<b>132.9145</b>	129.9530	132.3242	131.1010	134.7341	141.7923
10	<b>147.2479</b>	148.4032	148.0422	148.8586	157.7432	168.8837
25	<b>162.5279</b>	170.9653	165.5216	169.6904	187.1591	203.1138
Standar	<b>10.2950-</b>	9.6655-35.8807	11.1356-	11.5321-	11.8385-	9.5347-

Sumber : Hasil Analisis

Dari hasil analisis distribusi curah hujan di atas metoda Normal memiliki standar deviasi paling kecil sehingga curah hujan rencana yang digunakan adalah metode Normal.

### Analisis Kesesuaian Data

**Tabel 3. Hasil Analisis Kesesuaian Data**

No	Distribusi Probabilitas	Metode Chi-Kuadrat			Metode Smirnov-Kolmogorof			Keterangan
		X <sup>2</sup> Terhitung g	X <sub>g</sub> <sup>2</sup>	Keterangan n	ΔP Maksimum	ΔPKritis	Keterangan	
1	Gumbel	4.636	3.841	Ditolak	0.989	0.396	Ditolak	Ditolak
2	<b>Normal</b>	<b>1.727</b>	<b>3.841</b>	Diterim	<b>0.167</b>	<b>0.396</b>	<b>Diterima</b>	<b>Diterima</b>
3	Log Normal	1.000	3.841	a	0.107	0.396	Diterima	Diterima
4	Log Pearson Type III	4.636	3.841	Diterim a Ditolak	0.079	0.396	Diterima	Ditolak

Sumber : Hasil Analisis

Dari hasil analisis kesesuaian data curah hujan metoda Chi-kuadrat maupun Metoda Smirnov-Kolmogorov di atas metode Normal memenuhi syarat dan dapat diterima berdasarkan persyaratan, maka Curah hujan rencana yang digunakan adalah metoda Normal.

### Analisis Debit Banjir Rencana

Untuk menentukan debit banjir rencana dilakukan analisis debit puncak banjir dengan beberapa metode yang berbeda seperti :

- 1) Metode Rasional
- 2) Metode Der Weduwen
- 3) Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

**Tabel 4. Hasil Analisis Debit Banjir Rencana**

Periode Ulang (Tahun)	RTr (mm)	Debit Banjir			
		Nakayasu	Rasional	Wer Deduwen	Rata-rata
2	89.0365	77612.77	37284.01	111822.13	75572.97
5	103.8703	90543.34	43495.66	132362.95	88800.65
10	111.6317	97308.92	46745.75	143218.86	95757.84
25	119.9057	104521.34	50210.48	154866.46	103199.43

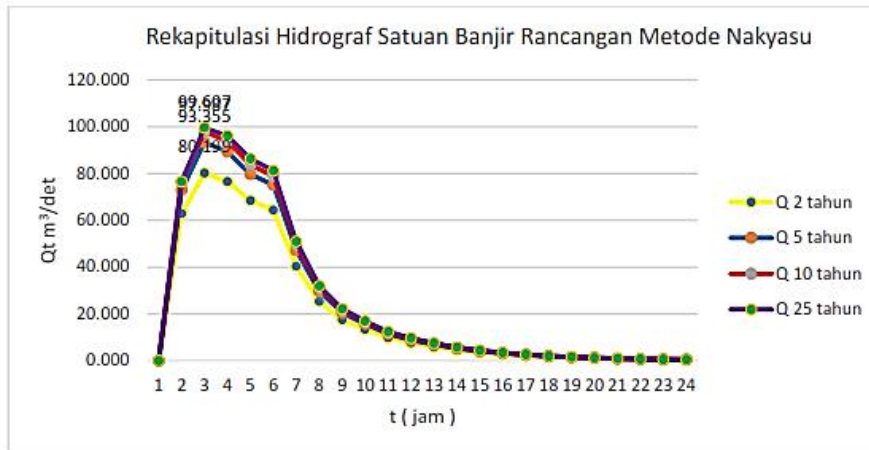
Sumber : Hasil Analisis

Dari hasil debit banjir rencana yang mendekati adalah Metode Nakayasu, maka debit banjir rencana yang digunakan adalah Metode Nakayasu

**Tabel 5. Hasil perhitungan hidrograf satuan banjir rencana Metode HSS Nakayasu**

Waktu (t) Jam	Debit Periode Ulang (m <sup>3</sup> /det)			
	2	5	10	25
0	0.000	0.000	0.000	0.000
1	62.896	73.007	76.566	76.553
2	80.199	93.355	97.987	99.607
3	76.661	89.363	93.834	96.167
4	68.431	79.826	83.837	86.271
5	64.432	75.164	78.942	81.253
6	40.408	47.140	49.510	50.966
7	25.385	29.607	31.094	31.969
8	17.609	20.536	21.566	22.156
9	13.457	15.693	16.480	16.930
10	9.850	11.486	12.062	12.385
11	7.614	8.879	9.324	9.574
12	5.886	6.863	7.208	7.401
13	4.550	5.306	5.572	5.721
14	3.517	4.101	4.307	4.422
15	2.719	3.170	3.329	3.419
16	2.102	2.451	2.574	2.643
17	1.625	1.894	1.989	2.043
18	1.256	1.464	1.538	1.579
19	0.971	1.132	1.189	1.221
20	0.750	0.875	0.919	0.944
21	0.580	0.676	0.710	0.729
22	0.448	0.523	0.549	0.564
23	0.347	0.404	0.425	0.436
24	0.268	0.312	0.328	0.337

Sumber : Hasil perhitungan



**Gambar 3. Rekapitulasi Hidrograf Satuan Banjir Rencana Metode Nakyasu**

### Analisis Hidrolika

Hidrolika sungai disini yang dimaksudkan adalah menghitung kapasitas saluran dan tinggi muka air sungai. Perhitungan tinggi muka air dilakukan pada kondisi saluran yang ada (existing) dan perhitungan tinggi muka air rencana. Analisis penampang eksisting untuk saluran di kawasan organda dilakukan menggunakan rumus Manning.

**Tabel 6. Hasil perhitungan debit penampang eksisting dengan rumus manning**

STA	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	Koefisien manning (n)	Kemiringan (i)	V (m/s)	Debit penampang (m <sup>3</sup> /det)
1050	32.025	16.761	1.911	0.027	0.00054	1.330	42.598
1000	24.375	14.978	1.627	0.027	0.00089	1.528	37.241
950	23.608	14.094	1.675	0.027	0.00117	1.786	42.166
900	27.620	14.882	1.856	0.027	0.00085	1.628	44.962
850	35.292	19.207	1.838	0.027	0.00029	0.943	33.279
800	31.417	16.082	1.954	0.027	0.00060	1.418	44.542
750	27.620	14.882	1.856	0.027	0.00094	1.715	47.366
700	35.292	19.207	1.838	0.027	0.00032	0.991	34.969
650	31.407	16.080	1.953	0.027	0.00066	1.489	46.765
600	28.922	16.267	1.778	0.027	0.00061	1.344	38.861
550	27.213	15.810	1.721	0.027	0.00095	1.636	44.524
500	29.173	16.421	1.777	0.027	0.00086	1.593	46.478
450	27.437	14.693	1.867	0.027	0.00082	1.612	44.235
400	32.116	16.461	1.951	0.027	0.00053	1.331	42.757
350	30.973	16.264	1.904	0.027	0.00114	1.924	59.587
300	28.198	15.358	1.836	0.027	0.00125	1.965	55.410
250	27.342	14.655	1.866	0.027	0.00145	2.135	58.381
200	25.499	14.001	1.821	0.027	0.00223	2.606	66.452
150	25.452	14.208	1.791	0.027	0.00244	2.700	68.709
100	24.048	13.497	1.782	0.027	0.00226	2.585	62.176
50	22.644	14.246	1.589	0.027	0.00242	2.482	56.191
0	11.950	10.489	1.139	0.027	0.00854	3.734	44.625

Sumber : hasil perhitungan 2019



Setelah didapatkan debit Q untuk masing-masing penampang, maka kemudian Q penampang tersebut dibandingkan dengan debit Q rencana.

**Tabel 7. Pembanding debit eksisting dan debit rencana**

STA	Debit penampang (m <sup>3</sup> /det)	Debit banjir rencana				Keterangan
		Q 2 tahun	Q 5 tahun	Q 10 tahun	Q 25 tahun	
1050	42.598	80.199	93.355	97.987	99.607	Limpas
1000	37.241	80.199	93.355	97.987	99.607	Limpas
950	42.166	80.199	93.355	97.987	99.607	Limpas
900	44.962	80.199	93.355	97.987	99.607	Limpas
850	33.279	80.199	93.355	97.987	99.607	Limpas
800	44.542	80.199	93.355	97.987	99.607	Limpas
750	47.366	80.199	93.355	97.987	99.607	Limpas
700	34.969	80.199	93.355	97.987	99.607	Limpas
650	46.765	80.199	93.355	97.987	99.607	Limpas
600	38.861	80.199	93.355	97.987	99.607	Limpas
550	44.524	80.199	93.355	97.987	99.607	Limpas
500	46.478	80.199	93.355	97.987	99.607	Limpas
450	44.235	80.199	93.355	97.987	99.607	Limpas
400	42.757	80.199	93.355	97.987	99.607	Limpas
350	59.587	80.199	93.355	97.987	99.607	Limpas
300	55.410	80.199	93.355	97.987	99.607	Limpas
250	58.381	80.199	93.355	97.987	99.607	Limpas
200	66.452	80.199	93.355	97.987	99.607	Limpas
150	68.709	80.199	93.355	97.987	99.607	Limpas
100	62.176	80.199	93.355	97.987	99.607	Limpas
50	56.191	80.199	93.355	97.987	99.607	Limpas
0	44.625	80.199	93.355	97.987	99.607	Limpas

Sumber : hasil perhitungan

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa saluran dikawasan organda tidak dapat menampung debit banjir rencana .

## **PENUTUP**

### **Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian, maka diperoleh kesimpulan bahwa saluran eksisting yang terdapat di kawasan organoda kota Jayapura tidak dapat menampung banjir rencana untuk semua periode ulang 2, 5, 20 dan 25 tahun.

### **Saran**

Beberapa saran yang dapat diberikan antara lain dibuat Long Storage sepanjang 1550 m, dibuat Folder dua buah masing-masing dengan dimensi (50 x 25 x 4) m<sup>3</sup>, dioperasikan pompa sebanyak 2 (dua) buah dengan kapasitas 2 m<sup>3</sup>/detik

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Asdak, C. 2007. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Chow, Ven Te, 1955, *Open-Channel Hydraulics*, Erlangga, Jakarta
- Harto, 2000, *Hidrologi, Teori-Masalah-Penyelesaian*, Nafiri, Yogyakarta
- Kaimana, I Made. 2011. Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air., Graha Ilmu. Yogyakarta
- Kodoatie ,Robert J 2013, *Rekayasa dan Manajemen Banjir Kota*, Penerbit Andi, Yogyakarta
- Kodoatie ,Robert. J 2012, *Tata Ruang Air Tanah* Penerbit Andi, Yogyakarta
- McGraw-Hill, 1999, *Hydraulic Design Handbook*, American Water Works Association, Florida
- Sasongko, Djoko. 1991, *Teknik Sumber Daya Air Jilid 2*. Erlangga, Jakarta.
- Soemarto CD., 1995, *Hidrologi Teknik*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Soewarno. 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid 1*. Nova. Bandung.
- Sosrodarsono Suyono dan Tominaga Masateru. 1985. *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Sosrodarsono, Takeda. 2003. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: Penerbit Pradya Paramita.
- Sturm, Terry W., 2010, *Open Channel Hydraulics*, McGraw-Hill International Edition, New York.