

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE PADA KELURAHAN KENITEN KECAMATAN PONOROGO KABUPATEN PONOROGO

Rosi Kurnia Wardani¹, Mona Shinta Safitri², Moh. Charits³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang³

Email: rosikurniawardani2@gmail.com¹, mona.shinta@polinema.ac.id², mohcharits@hotmail.com³

ABSTRAK

Kawasan Keniten merupakan salah satu kawasan padat penduduk di Kabupaten Ponorogo yang memiliki masalah dalam sistem pembuangan air hujan dan masih menerapkan sistem pengolahan limbah sendiri-sendiri di setiap rumah. Oleh sebab itu, dilakukan perencanaan ulang sistem drainase di area tersebut. Dalam perancangan ini digunakan peta topografi, harga satuan pekerja di Kabupaten Ponorogo, dan data hujan dari ketiga stasiun hujan yakni Ponorogo, Babadan dan Bollu dengan data tahun 2014 sampai dengan tahun 2023. Intensitas curah hujan, yang digunakan untuk menentukan debit banjir rancangan, dihitung menggunakan metode Gumbel dengan kala ulang 10 tahun. Dari perhitungan diperoleh debit banjir rancangan sebesar 2,831 m³/dt, dan dengan asumsi setiap satu rumah dihuni oleh 5 orang, maka dengan jumlah rumah sebanyak 407 diperoleh debit air limbah sebesar 0,007 m³/detik. Dimensi saluran yang direncanakan memiliki tinggi 0,6 m dan lebar 0,3 m, sedangkan IPAL yang digunakan adalah tipe BFV-1350, BFV-1000, BFV-900, BFV-500 dan BFV-350 dengan total biaya perbaikan dan/atau Pembangunan sistem drainase di arean tersebut Rp12.362.900.000,00.

Kata kunci: Drainase, IPAL, Perencanaan ulang

ABSTRACT

Keniten area is one of the densely populated areas in the city of Ponorogo which has problems with the rainwater disposal system and still implements its own sewage treatment system in every house. Therefore, a re-planning of the drainage system in the area. In this design, topographic maps are used, unit prices for work in Ponorogo City, and rainfall data from the three nearest rain stations namely: Ponorogo, Babadan, and Bollu, with data from 2014 to 2023. Rainfall intensity, which is used to determine discharge design flood, calculated using the Gumbel method with a return period of 10 years. From the calculations, it is obtained that the design flood discharge is 2,831 m³/sec, and assuming that each house is occupied by 15 people, then with a total of 407 houses, a wastewater discharge of 0,007 m³/sec is obtained. The dimensions of the planned drainage channel are 0,6 m high and 0,3 m wide, while the WWTP used is type BFV-1350, BFV-1000, BFV-900, BFV-500 DAN BFV-350 with a total cost of repairing and/or building a drainage system in the area of Rp 12.362.900.000,00.

Keywords: Drainage, WWTP, Redesign

1. PENDAHULUAN

Permasalahan banjir di daerah perkotaan dapat berupa genangan yang terjadi akibat debit atau volume air yang mengalir melebihi kapasitasnya. Luapan air tidak akan menjadi persoalan jika tidak menyebabkan masalah lain dalam kehidupan sehari-hari. Namun, jika genangan air terjadi cukup sering dan dalam jangka waktu yang lama, itu akan mengganggu kegiatan manusia dan menyebabkan banyak kerugian.

Disisi lain, dengan peningkatan kepadatan penduduk, air limbah masih menjadi masalah yang belum diselesaikan. Setiap rumah tangga di wilayah perkotaan membutuhkan tempat pengolahan air limbah, namun pada kenyataannya sebagian penduduk membuang air limbah langsung ke badan air tanpa diolah terlebih dahulu.

Dikutip dari laman berita Surya.co.id tahun 2021, warga setempat menyebut banjir terjadi karena ada beberapa drainase yang rusak serta drainase yang tidak mampu menampung air. Penduduk Pemukiman Keniten yang memiliki luas lahan sebesar 7,34 ha tersebut belum mempunyai pengolahan air limbah yang mengakibatkan pencemaran lingkungan dan badan air di wilayah sekitar.

Berdasarkan uraian tersebut perlu dilakukan adanya perencanaan ulang drainase yang sesuai dengan judul kajian yaitu, "Perencanaan Ulang Sistem Drainase Pada Kelurahan Keniten Kecamatan Ponorogo Kabupaten Ponorogo". Untuk mendapatkan sistem drainase pemukiman dan pengolahan air kotor yang efektif dan efisien.

Rumusan masalah dalam penelitian ini meliputi beberapa aspek. Pertama, kondisi saluran drainase di Kelurahan Keniten, Kecamatan Ponorogo, Kabupaten Ponorogo, menjadi salah satu fokus utama. Selanjutnya, penelitian juga akan menginvestigasi curah hujan rancangan dan debit banjir dengan kala ulang 10 tahun di daerah tersebut. Dimensi saluran drainase dan bangunan pendukungnya, serta dimensi instalasi pengolahan air limbah, juga menjadi bagian dari rumusan masalah. Terakhir, rencana anggaran biaya yang dianggarkan untuk saluran drainase serta pembangunan pengolahan air limbah juga akan dikaji.

2. METODE

Perencanaan ulang sistem drainase dan instalasi pembuangan air limbah terletak di Kawasan pemukiman Kelurahan Keniten Kecamatan Ponorogo Kabupaten Ponorogo, dengan luas area 7,34 hektar. Data primer diambil dari survei kondisi saluran saat ini di lokasi, dan data sekunder berasal dari peta topografi, HSPK Kabupaten Ponorogo, dan curah hujan dari tiga stasiun terdekat selama

10 tahun terakhir, dari tahun 2014 hingga 2023, yaitu Stasiun Ponorogo, Stasiun Babadan, dan Stasiun Bollu.

Uji Konsistensi Data

Uji konsistensi dilakukan dengan metode analisis kurva massa ganda. Data tersebut dikumpulkan sehingga membentuk garis linier. Berikut Langkah untuk melakukan uji konsistensi:

- Tentukan satu stasiun utama dan menggunakan stasiun lainnya sebagai perbandingan.
- Menghitung kumulatif data hujan pada stasiun utama (dy), kemudian menghitung data hujan rerata dan kumulatif stasiun pembanding (dx)
- Membuat grafik lengkung massa ganda dengan sumbu absis (dx) dan sumbu ordinat (dy).
- Tentukan (m1) yaitu data yang diasumsikan dalam garis lurus, sedangkan (m2) data yang tidak dalam garis lurus. Untuk menghitung nilai gradient dari trend baru dan trend lama dengan menggunakan rumus berikut :

$$M = x = \frac{n\sum xi.yi - (\sum xi)(\sum yi)}{n\sum xi^2 - (\sum xi)^2}$$

- Hitung nilai faktor koreksi dengan rumus berikut:

$$f = \frac{m1}{m2}$$
- Koreksi data dengan cara mengalikan data yang diasumsikan tidak pada garis lurus dengan faktor koreksi, setelah itu membuat grafik datanya.

Curah Hujan Daerah

Rumus berikut ini digunakan untuk menghitung icurah hujan rata-rata daerah dengan metode aljabar:

$$\bar{x} = \frac{\sum Xi}{n}$$

Keterangan:

- \bar{x} = Curah hujan rerata daerah (mm)
 Xi = Curah hujan dari stasiun (mm)
 n = Jumlah stasiun

Distribusi Curah Hujan Rancangan

Beberapa metode dari banyak metode yang dapat digunakan untuk mendistribusikan curah hujan rencana yaitu metode Gumbel Tipe 1 ataupun Log Pearson III, memiliki syarat yang tercantum pada tabel berikut:

Tabel 1. Syarat Cs dan Ck

Jenis Sebaran	Syarat
Normal	Cs = 0 Ck = 3
Gumbel Tipe I	Cs ≤ 1,1396 Ck ≤ 5,4002
Log Person Tipe III	Cs ≠ 0
Log Normal	Cs = 3Cv + Cv ² = 3 Ck = 5,383

Sumber: Soemarto, 1987

$$Cs = \frac{n \sum (X - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3}$$

$$Cs = \frac{n^2 \sum (X - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4}$$

Keterangan:

Cs = Koefesien Kepencengan

Ck = Koefesien Kepuncakan

\bar{x} = Rata – rata data hujan (mm)

X = Data hujan (mm)

n = Jumlah data

S = Standart deviasi

Uji Kesesuaian Distribusi

Uji kesesuaian berfungsi untuk mengukur seberapa sesuai distribusi serangkaian data hujan dengan distribusi teoritis yang spesifik.

a. Metode *Smirnov-Kolmogorov*

$$|\Delta P| = |P_{\text{empiris}} - P_{\text{teoritis}}|$$

Jika nilai $\Delta P < Do$ maka nilai peluang pada simpangan horizontal sesuai. $Do = 41\%$ dengan nilai $n = 10$ dan nilai $\alpha = 0,05$

b. Metode *Chi-Square*

$$X^2 \text{ hit} = \frac{\sum (X_{\text{empiris}} - X_{\text{teoritis}})^2}{X_{\text{teoritis}}}$$

Keterangan :

$X^2 \text{ hit}$ = Parameter Chi – Square

X_{teoritis} = X berdasarkan teoritis

X_{empiris} = X berdasarkan kertas distribusi

Nilai distribusi vertikal sesuai jika nilai $X^2 \text{ hit}$ melebihi nilai $X^2 \text{ tabel}$. Nilai $\alpha = 0,05$ dan dengan jumlah data 10, nilai $X^2 \text{ tabel}$ adalah 14,0670 .

Intensitas Curah Hujan

Intensitas adalah derasnya hujan persatuan waktu, seperti yang dinyatakan dalam (7). Jika data hujan merupakan

data harian, maka intensitas hujan bisa dihitung dengan rumus mononobe sebagai berikut:

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

Keterangan :

I = Intensitas hujan (mm/jam)

Tc = Waktu konsentrasi (jam)

$$= t_0 + td$$

R_{24} = ch rancangan dengan peluang tertentu (mm/hari)

t = durasi hujan (jam)

Metode yang digunakan untuk menghitung waktu konsentrasi (tc) adalah menghitung waktu aliran udara di area limpasan.

$$tc = t_0 + td$$

$$td = \frac{Ls}{60.V}$$

$$t_0 = \left(\frac{2}{3} \cdot 3,28 \cdot L_0 \cdot \frac{nd}{\sqrt{i}}\right)^{0,167}$$

Keterangan :

Tc = waktu konsentrasi menit (menit)

L_0 = panjang saluran dari titik yang terjauh sampai dengan titik yang ditinjau (m)

L_s = Jarak titik terjauh hingga ke drainase (m)

S = Kemiringan dasar saluran (desimal)

t_0 = waktu pengaliran air yang mengalir di atas permukaan tanah menuju saluran (inlet time) dalam menit

t_d = waktu pengaliran air yang mengalir di dalam saluran sampai titik yang ditinjau (condukt time) dalam menit

V = Kecepatan air dalam saluran (m²/menit)

Uji Kesesuaian Distribusi

Perhitungan debit banjir dihitung dengan metode rasional (4), dan digunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = C \times I \times A$$

Keterangan :

Q = Debit banjir (m³/detik)

C = Koefesien pengaliran

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

A = Luas daerah pengaliran (m²,km,ha)

Perencanaan Dimensi Saluran

Rumus pada aliran seragam berfungsi untuk menghitung dimensi saluran dengan asumsi bahwa aliran

memiliki kecepatan konstan terhadap jarak. Elemen geometri penampang persegi adalah sebagai berikut:

Luas (A) = B.H
 Keliling ibasah (P) = B + 2H
 Jari-jari hidrolis (R) = $\frac{B.H}{B+2H}$

Perhitungan kecepatan memakai rumus sebagai berikut :

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Keterangan:

V = pada saluran (m/dt)

n = Koefisien

saluran

Rs = Radius hidrolik (A/P)

I = Kemiringan saluran

n beton = 0,015

n batu kali = 0,025

Sesudah	
m1	0,99
m2	0,99
F	1,00

Kecepatan aliran

kekerasan bahan

Instalasi Pengolahan Air Limbah

Instalasi pengolahan air limbah atau IPAL dibuat untuk menghilangkan limbah biologi dan kimia dari air, sehingga air dapat digunakan berbagai tujuan. Salah satu ahli memaparkan bahwa IPAL adalah salah satu teknologi pengolah limbah cairan yang berfungsi menghilangkan atau memisahkan cemaran dari air limbah sebelum dibuang pada badan air sampai memenuhi standar lingkungan.

Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran bisa diartikan perhitungan banyaknya biaya yang dibutuhkan untuk bahan, upah, dan biaya lain yang berkaitan dengan konstruksi. Biaya-biaya ini diperhitungkan saat membuat rencana anggaran biaya proyek. Dapat dihitung menggunakan rumus:

$$RAB = \sum (\text{Volume} \times \text{HSP})$$

Keterangan:

RAB = Rencana Anggaran Biaya

Volume = Volume pekerjaan

HSP = Harga Satuan Pekerjaan

Pemeliharaan Sistem Drainase

Pemeliharaan drainase merupakan kegiatan untuk menjaga agar sistem drainase tetap berguna dengan baik. Pemeliharaan drainase yang tepat dapat membantu mencegah berbagai masalah seperti banjir, erosi tanah, kerusakan bangunan dan jalan, pencemaran air, genangan air yang dapat menarik hama.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari perhitungan uji konsistensi data terhadap 3 istasiun hujan didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 2 Uji Konsistensi Sta. Ponorogo terhadap Sta Babadan dan Sta Bollu

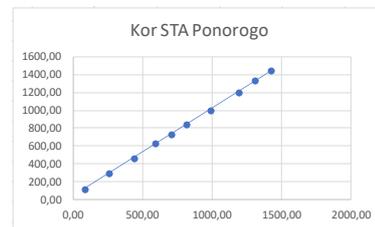
Uji Konsistensi Sta. Ponorogo Terhadap Sta. Babadan dan Sta. Bollu								
Tahun	CH Maksimum setahun (d)			Kum Sta Png	ata2 Sta.Bb & Sta.B	Kum Rata2 Sta.Bb & Sta.B	Sta. P Kor	Kum Sta. P Kor
	Sta. P	Sta.Bb	Sta.B					
2023	114,13	84,33	99,42	114,13	91,88	91,88	114,13	114,13
2022	177,92	148,25	187,83	292,04	168,04	259,92	177,92	292,04
2021	169,54	192,25	178,92	461,58	185,58	445,50	169,54	461,58
2020	165,58	144,42	156,50	627,17	150,46	595,96	165,58	627,17
2019	96,21	93,92	136,33	723,38	115,13	711,08	96,21	723,38
2018	121,42	99,33	115,17	844,79	107,25	818,33	120,54	843,91
2017	155,92	177,25	176,58	1000,71	176,92	995,25	154,79	998,70
2016	197,83	214,25	192,08	1198,54	203,17	1198,42	196,40	1195,09
2015	136,42	94,00	141,25	1334,96	117,63	1316,04	135,43	1330,52
2014	116,50	124,33	108,33	1451,46	116,33	1432,38	115,65	1446,18

Sebelum	
m1	0,99
m2	0,99
F	0,99

Sumber : Perhitungan

Dilihat dari perhitungan pada Sta. Ponorogo terhadap Sta. Babadan dan Bollu faktor koreksi sebelum senilai 0,99 sedangkan setelah di uji konsistensi di dapatkan faktor koreksi 1,00.

Gambar 1. Grafik Kurva Massa Ganda Stasiun Ponorogo terhadap Babadan dan Bollu



Sumber : Perhitungan

Curah Hujan Daerah

Diperoleh berdasarkan perhitungan nilai curah hujan rerata maksimal selama 10 tahun dari 3 stasiun yang digunakan untuk menghitung curah hujan rancangan. Seperti yang disajikan pada tabel berikut :

Tabel 3 Curah Hujan Maksimum Rata-rata Daerah

Distribusi Gumbel	
Tahun	Max
2023	61,17
2022	59,67
2021	85,33
2020	72,00
2019	98,00
2018	80,14

2017	81,37
2016	97,29
2015	59,72
2014	66,93

Sumber: Perhitungan

Dilihat pada tabel perhitungan didapatkan curah hujan maksimum terjadi pada tahun 2019 yaitu 98,00.

Curah Hujan Rancangan

Hasil perhitungan didapatkan nilai $C_s = 0,341$ serta nilai $C_k = -1,271$, sehingga perhitungan curah hujan rancangan menggunakan metode Uji distribusi Gumbel Tipe I, diperoleh besaran curah hujan dengan kala ulang 10 tahun adalah sebesar 110,778 mm/hari.

Debit Banjir Rancangan

Hasil dari perhitungan didapatkan debit dari air hujan pada saluran sebesar 2,831 m³/dt.

Debit Air Limbah

Jika limbah yang dihasilkan adalah 300 liter/orang/hari dan jumlah penghuni tiap rumah diasumsikan 5 orang maka didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut :

Tabel 4. Perhitungan Debit Air Limbah

Blok Rumah	Jumlah Rumah	Jumlah Penduduk	Qlimbah m ³ /hr
A	6	30	9,0
B	10	50	15,0
C	15	75	22,5
D	15	75	22,5
E	13	65	19,5
F	8	40	12,0
G	16	80	24,0
H	19	95	28,5
I	16	80	24,0
J	19	95	28,5
K	21	105	31,5
L	5	40	12,0
M	14	70	21,0
N	17	85	25,5
O	17	85	25,5
P	21	105	31,5
Q	15	75	22,5
R	23	115	34,5
S	17	85	25,5
T	60	300	90,0
U	60	300	90,0

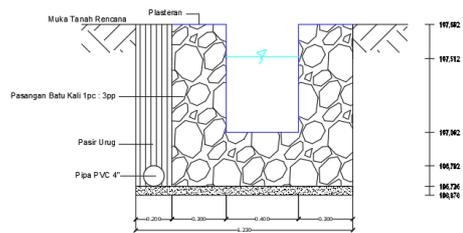
Sumber : Perhitungan

Dimensi Eksisting

Berdasarkan hasil survey diperoleh sebgaiian besar saluran mengalami kerusakan dan banyak yang dimensinya kurang memadai sehingga tidak bisa menampung debit air yang melintasinya. Maka harus dilakukanl perencanaan ulang.

Dimensi Rencana

Setelah dilakukan perhitungan, maka didapatkan ukuran dengan tinggi saluran 0,6 m, serta lebar 0,3 m

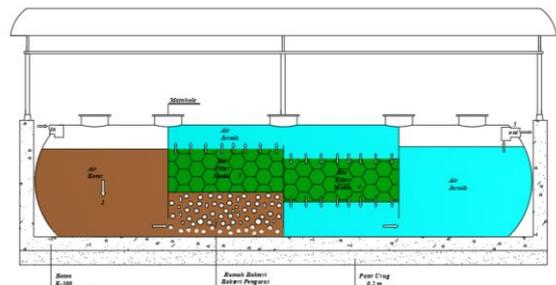


Sumber: Perhitungan

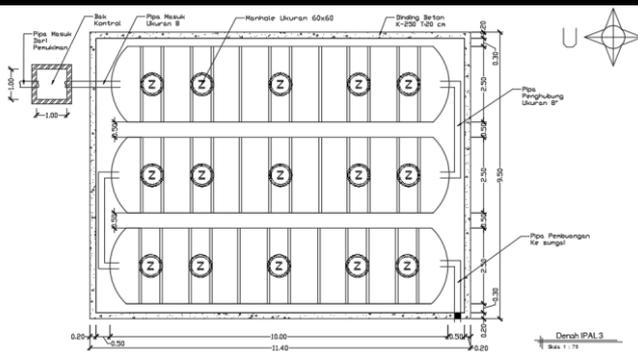
Instalasi Pengolahan Air Limbah

Instalasi ini merupakan bangunan tambahan yang dirancang untuk mengolah air limbah industry menjadi air bersih sebelum dialirkan ke saluran. Berdasarkan hasil hitungan untuk debit limbah yang ada di industri pada wilayah ini berjumlah IPAL sebesar 8 unit dengan tipe dan kapasitas berikut

1. BFV-1350 berkapasitas 135 m3 berjumlah 1.
2. BFV-1000 berkapasitas 100 m3 berjumlah 3.
3. BFV-900 berkapasitas 90 m3 berjumlah 2.
4. BFV-500 berkapasitas 50 m3 berjumlah 1.
5. BFV-350 berkapasitas 35 m3 berjumlah 1.



Gambar 2 Skema Pemrosesan IPAL



Gambar 3 Denah penempatan tangki pada IPAL

Rencana Anggaran Biaya

Berdasarkan hasil perhitungan di atas diperoleh anggaran perencanaan ulang drainase dan pemasangan IPAL sebesar Rp. 12.362.900.000,00.

Tabel 5 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga iSatuan (Rp)	Harga Total (Rp)
A PERSIAPAN					
1	Pembongkaran Lahan	m ²	1.965,17	20.769,00	40.814.707,57
2	Pembersihan Lahan	m ²	25,35	20.769,00	526.494,15
3	Bowplank	m	534,00	20.769,79	11.062.765,86
B PEKERJAAN TANAH					
1	Galian Tanah	m ³	323,32	79.953,75	25.850.745,42
2	Pengurangan Pasir Urug	m ³	228,98	184.345,00	42.211.695,71
C PEKERJAAN PASANGAN					
1	Pasangan Batu Kali	m ²	3.104,63	710.585,00	2.206.102.575,13
2	Plasteran	m ²	103,49	73.995,60	7.657.628,75
D PEMASANGAN BOXCULVERT					
1	Box Culvert monolit 60x60x100cm	Unit	49	1.719.583,50	83.399.799,75
E PEMASANGAN IPAL					
1	Pemasangan pipa PVC Rucika JIS Ø 4"	m'	3.870,50	135.217,00	523.356.979,33
2	Pekerjaan Galian Pipa IPAL	m ³	781,76	79.953,75	62.504.880,57
3	Pekerjaan Urugan Pasir Pipa IPAL	m ³	385,50	184.345,00	71.064.382,75
4	Pekerjaan Urugan Kembali Pipa IPAL	m ³	359,55	35.535,00	12.776.629,99
5	Pemasangan IPAL BFV-1350	Unit	1,00	1.552.542.561,50	1.552.542.561,50
6	Pemasangan IPAL BFV-1000	Unit	3,00	1.150.042.561,50	3.450.127.684,50
7	Pemasangan IPAL BFV-900	Unit	2,00	1.035.042.561,50	2.070.085.123,00
8	Pemasangan IPAL BFV-500	Unit	1,00	575.042.561,50	575.042.561,50
9	Pemasangan IPAL BFV-350	Unit	1,00	402.542.561,50	402.542.561,50
Total Biaya Pelaksanaan =					11.137.669.776,98
PPN 11% =					1.225.143.675,47
Total Biaya Pelaksanaan +11% =					12.362.813.452,45
Pembulatan =					12.362.900.000,00

Sumber: Perhitungan

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pembahasan pada bab sebelumnya di dapatkan kesimpulan beberapa hal sebagai berikut:

1. Sebagian besar saluran pada Perumahan di Kelurahan Keniten mengalami rusak, sebagai contoh saluran R2-R1 dan kapasitasnya tidak memenuhi debit rancangan.

2. Debit banjir rancangan pada tahun rencana sebesar 2,831 m³/dt sedangkan debit air limbah dari rumah tangga adalah 0,007 m³/dt.
3. Saluran yang dibutuhkan untuk mengalirkan debit rancangan memiliki (b) 0,300 m dan (H) 0,600 m, dilengkapi bangunan gorong-gorong dengan lebar 0,600 m dan tinggi 0,600 m.
4. IPAL yang digunakan untuk melayani area kajian terdapat beberapa type yaitu:
 - a. BFV-1350 dengan dimensi 2,5m x 9,2m x 3 unit berkapasitas 135 m³.
 - b. BFV-1000 dengan dimensi 2,5m x 10m x 2 iunit berkapasitas 100 m³.
 - c. BFV-900 dengan dimensi 2,5m x 9,2m x 2 unit berkapasitas 90 im³.
 - d. BFV-500 dengan dimensi 2,5m x 10m berkapasitas 50 m³.
 - e. BFV-350 dengan dimensi 2,5m x 7,2m berkapasitas 35 m³.
5. Anggaran yang dibutuhkan dalam perbaikan drainase beserta IPAL pada area Pemukiman Keniten Kabupaten Ponorogo adalah sebesar Rp. 12.362.900.000,00

Saran dari hasil perencanaan ulang sistem drainase tersebut yaitu sebaiknya Pembangunan dilakukan pada musim kemarau supaya mudah pekerjaannya dan menghindari kendala-kendala yang bisa terjadi yang dikarenakan oleh faktor cuaca. Serta agar tidak mengurangi kinerja dan umur bangunan IPAL dan drainase, diharapkan melakukan perawatan rutin yang dilakukan secara berkala seperti membersihkan saluran drainase dari sampah/lumpur yang ada agar dapat mengalir dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- (1) Damayanti, D., Wuisan, E. M., & Binilang, A. (2018). PERENCANAAN SISTEM JARINGAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK DI PERUMNAS KELURAHAN PANIKI DUA KECAMATAN MAPANGET. *Jurnal Sipil Statik*, (5).
- (2) Buku Tiga Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik. Terpusat Pemukiman 2016. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- (3) C.D Soemarto, 1999, Hidrologi Teknik, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- (4) Chow, VT. 1989. Hidrolika Saluran Terbuka. Erlangga, Jakarta.
- (5) Drainase Perkotaan: Penerbit: Gunadarma,1997
- (6) Kodoatie, J.R dan R. Syarief. 2005. *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*. Yogyakarta: Andi Offset.
- (7) Suripin (2004:7) *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Yogyakarta: Penerbit Andi

- (8) Soewarno, (1995), '*Hidrologi*', Aplikasi metode statistic untuk analisa jilid I, Penerbit Nova – Bandung.
- (9) Soemarto, 1987, *Hidrologi Teknik*, Penerbit Surabaya, Usaha Nasional