



ANALISA KEBUTUHAN PIPA RESAPAN HORIZONTAL AKIBAT PERUBAHAN TATAGUNA LAHAN PADA DAERAH ALIRAN SUNGAI LUTUNG

Alfira Setyowati , Cindy Salsabila , Edy Susilo , Diah Setyati Budiningrum

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Semarang ¹²³⁴

Koresponden, * edisusilo@usm.ac.id

ARTICLE INFO

*Flood ; discharge ; horizontal
absorption pipe*

Diajukan : 30 Januari 2024

Diperbaiki : 24 April 2024

Diterima : 31 Maret 2024

ABSTRACT

Perubahan tataguna lahan yang memberikan dampak langsung terhadap peningkatan aliran permukaan dan menurunnya peresapan air ke dalam tanah, yang berakibat banjir dan kurangnya air tanah. Pengembalian air ke dalam tanah dengan cara biopori bisa juga menggunakan metode sumur resapan dan pipa resapan horisontal. Analisa kebutuhan pipa resapan horisontal menggunakan dua metode yaitu metode Hidrograf dan metode Rasional. Dengan menggunakan pipa horisontal dinding berlubang panjang 4 m menggunakan pipa diameter 6". Debit banjir yang dipasang adalah debit banjir hidrograf dengan metode Gama I. Debit banjir periode ulang 50 tahun adalah Debit tahun 2007 = 11,43 m³/detik, Debit tahun 2023 sebelum dipasang PRH = 15,36 m³/detik, Debit tahun 2023 setelah dipasang PRH = 11,31 m³/detik. Analisa reduksi banjir yang digunakan adalah reduksi banjir hidrograf dengan metode Gama I sebesar 8,55 m³/detik, dan dibutuhkan pipa resapan horisontal sebanyak 1650 unit

©2024 The Author(s): This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)



PENDAHULUAN

Curah hujan yang tinggi di Indonesia terutama di kecamatan banyumanik, kota Semarang merupakan salah satu penyebab genangan air yang berakibat banjir. Selain curah hujan yang tinggi ada faktor yang lainnya yang menyebabkan banjir antara lain pendangkalan sungai, hingga perubahan tata guna lahan perkembangan penduduk pada Perumahan Puri Gedawang Indah, Perumahan Payung Mas Blok G, dan Perumahan Kopkar Kecamatan Banyumanik yang merupakan ± daerah pinggir yang mengalami urban sprawl (perkembangan penduduk secara acak). di daerah Banyumanik Semarang, telah terjadi perubahan tataguna lahan dari tahun 2007 - 2020, dengan merubah bentuk muka tanah dari lahan pertanian atau kebun menjadi kawasan perumahan[1]. dengan adanya perumahan tersebut, secara langsung telah merubah bentuk muka tanah. perubahan muka tanah yang terjadi menimbulkan permasalahan lingkungan, khususnya dibidang air.

Kondisi muka tanah yang berubah menjadi perumahan, menyebabkan air hujan sulit untuk meresap dan menjadi aliran permukaan [2]. jika saluran drainase kurang memadai, air hujan yang turun akan meluap dan dapat menimbulkan banjir di perumahan. Hal tersebut bisa diatasi dengan penggunaan pipa resapan horizontal. Pipa resapan horizontal yaitu salah satu rekayasa teknis konservasi air yang menggunakan pipa pvc .Pipa resapan horisontal adalah bangunan yang berfungsi untuk meresapkan air permukaan ke dalam tanah dan dipasang secara horisontal. Peresapan air ke dalam tanah sebanding dengan tinggi tekanan hidrolis. Permeabilitas tanah, dan faktor bentuk.

Pipa resapan horisontal memiliki dimensi yang tidak dibatasi oleh kedalaman air tanah, sehingga faktor bentuk menjadi besar dan akan meningkatkan kapasitas resapan [3]. dengan mengacu pada Undang-Undang nomor 26 tahun 2007 tentang penataan ruang [4], di dalam Peraturan Pemerintah nomor 26 tahun 2008 tentang rencana tata ruang wilayah nasional (PP, 2008) yang di perbaharui oleh PP nomor 13 tahun 2017 [5] tentang perubahan atas peraturan pemerintah nomor 26 tahun 2008 tentang rencana tata ruang wilayah nasional pasal 99 ayat 3 disebutkan bahwa peraturan zonasi untuk kawasan resapan air disusun dengan memperhatikan pemanfaatan ruang secara terbatas untuk kegiatan budi daya tidak terbangun yang memiliki kemampuan tinggi dalam menahan limpasan air hujan [6]; dalam beberapa pengamatan debit resapan PRH mencapai 20 kali lebih besar daripada debit resapan sumur resapan. ada 2 tipe PRH yaitu pipa resapan horisontal l (PRHl) dan pipa resapan horisontal t (PRHt). Aliran DAS Sungai Lutung meliputi Kelurahan Pudukpayung dengan luas wilayah 392.963 km². (Perkembangan penduduk secara acak). di daerah Banyumanik Semarang, telah terjadi perubahan tataguna lahan dari tahun 2007 - 2020, dengan merubah bentuk muka tanah dari lahan pertanian atau kebun menjadi kawasan perumahan. Dengan adanya perumahan tersebut, secara langsung telah merubah bentuk muka tanah.

Perubahan muka tanah yang terjadi menimbulkan permasalahan lingkungan, khususnya dibidang air. Kondisi muka tanah yang berubah menjadi perumahan,

menyebabkan air hujan sulit untuk meresap dan menjadi aliran permukaan. jika saluran drainase kurang memadai, air hujan yang turun akan meluap dan dapat menimbulkan banjir di perumahan.

METODE

Metode penelitian yang dilakukan adalah metode penelitian deskriptif analisis. Untuk mendapatkan data dan hasil penelitian dilakukan dengan melakukan survey di Perumahan di Gedawang Banyumanik Semarang dan data sekunder yaitu data tinggi hujan harian, peta topografi, peta tataguna lahan, dsb. Pengumpulan Peta Topografi dan Peta Google Earth yaitu dengan melakukan pengumpulan peta topografi kota Semarang. Peta topografi digunakan untuk menentukan batas-batas DAS (Daerah Aliran Sungai) dan panjang aliran sungai. Di peta topografi menyajikan obyek-obyek dipermukaan bumi dengan ketinggian yang dihitung dari permukaan air laut dan digambarkan dalam bentuk garis-garis kontur, dengan setiap satu garis kontur mewakili satu ketinggian. Analisa tata-guna Lahan dengan cara menganalisa dengan peta google earth tata-guna lahan di daerah Sungai Lutung Banyumanik Semarang tahun 2007 dan tahun 2020. Koefisien Pengaliran dengan cara menghitung koefisien pengaliran pada tahun 2007 (C1) dan tahun 2020 (C2). Fungsi penting koefisien pengaliran adalah sebagai salah satu komponen untuk menghitung debit puncak suatu banjir. Data Curah Hujan 10 Tahunan dengan cara melakukan pengumpulan data curah hujan 10 tahunan yang didapat dari dinas PUSDATARU. Analisa Hujan dengan cara menganalisa distribusi hujan menggunakan metode log person dan gumbel dari data curah hujan 10 tahun. Data hujan di uji dengan metoda CHI SQUARE dan metoda Kolmogorov-Smirnov [7], [8]. Hujan Rencana dengan menggunakan analisa hujan diperoleh periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, 100 tahun, dan 200 tahun. Q Banjir Lahan Awal dengan cara menghitung debit banjir tahun 2007 sebelum dipasang pipa resapan horizontal ΔC Selisih antara koefisien pengaliran awal (C1) dan koefisien pengaliran akhir (C2). Diperlukan untuk menghitung peningkatan debit akibat perubahan tataguna lahan dengan metode rasional. Q Banjir Lahan Akhir dengan cara menghitung debit banjir sebelum dipasang pipa resapan horisontal tahun 2020 dan setelah dipasang pipa resapan horisontal tahun 2020. Peningkatan debit ΔQ banjir dengan cara melakukan perhitungan peningkatan debit banjir ΔQ dengan perubahan koefisien pengaliran sebesar ΔC dengan metode rasional. Perencanaan Bangunan Resapan dengan cara merencanakan dimensi pipa resapan yang akan digunakan yaitu panjang pipa 4 m, diameter pipa 30 mm, dan porositas dinding pipa 0,032. Debit resapan SR dan PRH dengan cara menghitung debit sumur resapan dan pipa resapan horisontal. Reduksi banjir (ΔQ) dengan cara menghitung reduksi banjir [9]. Simulasi reduksi banjir hidrograf dengan cara menghitung simulasi reduksi banjir dengan metode hidrograf. Simulasi reduksi banjir rasional dengan cara melakukan simulasi reduksi banjir

dengan metode hidrograf. Hidrograf aliran menggambarkan suatu distribusi waktu dari aliran (dalam hal ini debit) di sungai dalam suatu DAS pada suatu lokasi tertentu. Hidrograf banjir dapat menunjukkan erat antara hidrograf dengan karakteristik suatu DAS [10], [11]. Kebutuhan Bangunan Resapan yaitu harus mengetahui jumlah bangunan resapan untuk wilayah Daerah Aliran Sungai Lutung Banyumanik Semarang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Reduksi Debit dengan PRH

Menganalisa debit banjir hidrograf pada tahun 2023 sebelum dan setelah dipasang pipa resapan horisontal dengan metode Gama I, Nakayasu, ITB-1, ITB-2, dan Metode Rasional. Debit banjir yang digunakan periode ulang 50 tahun. Dimensi PRH yang digunakan sebagai berikut:

Diameter pipa	= 16,5 cm
Panjang pipa	= 400 cm
Permeabilitas tanah	= 0,00001371 cm/dt
Porositas dinding pipa	= 0,065
Tinggi tekanan air	= 100 cm
Q resapan tiap pipa	= 6987,53 cm ³ /detik

Reduksi Banjir Metode Hidrograf

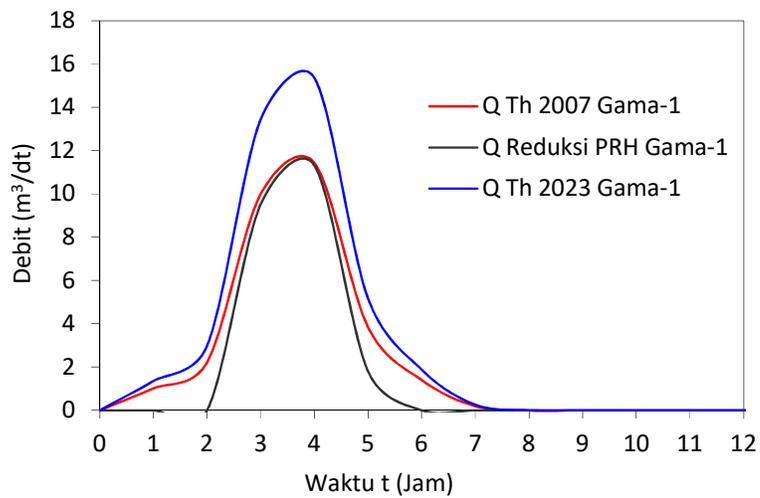
Dari hasil analisa debit banjir maka akan dianalisa reduksi banjir dengan melakukan simulasi kebutuhan pipa resapan horisontal dari data sebagai berikut :

Diameter pipa	= 16,5 cm (simulasi)
Panjang pipa	= 400 cm (ditentukan)
Permeabilitas tanah	= 0,000013711 cm/dt (ditentukan)
Porositas dinding pipa	= 0,065 (ditentukan)
Tinggi tekanan air	= 100 cm (ditentukan)
Jumlah pipa	= 1650 batang (simulasi)
Q resapan pipa	= 7041,06 cm ³

1. Gama-1

Tabel 1. Hidrograf dan Reduksi Debit Banjir Metoda Gama-1

Gama-1						
Waktu (jam)	Debit 2007 (m ³ /dt)	Debit 2023 (m ³ /dt)	Peningkatan Debit (m ³ /dt)	Setelah PRH (m ³ /dt)	Reduksi Debit (m ³ /dt)	Perubahan Debit (m ³ /dt)
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	1,01	1,36	0,35	0,00	1,36	-1,01
2	2,21	2,98	0,76	0,00	2,98	-2,21
3	9,99	13,43	3,43	9,51	3,92	-0,48
4	11,44	15,37	3,93	11,32	4,05	-0,12
5	3,85	5,18	1,32	1,81	3,37	-2,04
6	1,40	1,88	0,48	0,00	1,88	-1,40
7	0,19	0,26	0,07	0,00	0,26	-0,19
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Reduksi maksimum					4,05	0,00
Reduksi maksimum					17,73	8,55

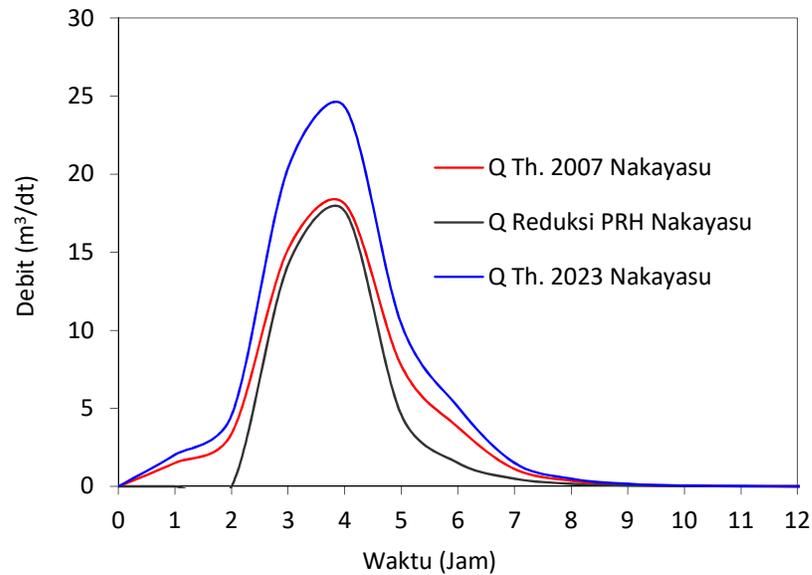


Gambar 1. Hidrograf Reduksi Debit Banjir Metoda Gama-1

2. Nakayasu

Tabel 2. Hidrograf dan Reduksi Debit Banjir Metoda Nakayasu

NAKAYASU						
Waktu (jam)	Debit 2007 (m ³ /dt)	Debit 2023 (m ³ /dt)	Peningkatan Debit (m ³ /dt)	Setelah PRH (m ³ /dt)	Reduksi Debit (m ³ /dt)	Perubahan Debit (m ³ /dt)
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	1,51	2,03	0,52	0,00	2,03	-1,51
2	3,39	4,55	1,16	0,00	4,55	-3,39
3	15,20	20,42	5,22	14,20	6,22	-1,00
4	18,10	24,32	6,22	17,63	6,68	-0,46
5	7,73	10,38	2,66	4,57	5,82	-3,16
6	3,79	5,09	1,30	1,50	3,59	-2,29
7	1,12	1,50	0,38	0,49	1,00	-0,62
8	0,37	0,49	0,13	0,16	0,33	-0,20
9	0,12	0,16	0,04	0,05	0,11	-0,07
10	0,04	0,05	0,01	0,02	0,04	-0,02
11	0,01	0,02	0,00	0,01	0,01	-0,01
12	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
			Reduksi maksimum		6,68	0,00
			Reduksi maksimum		19,00	12,38



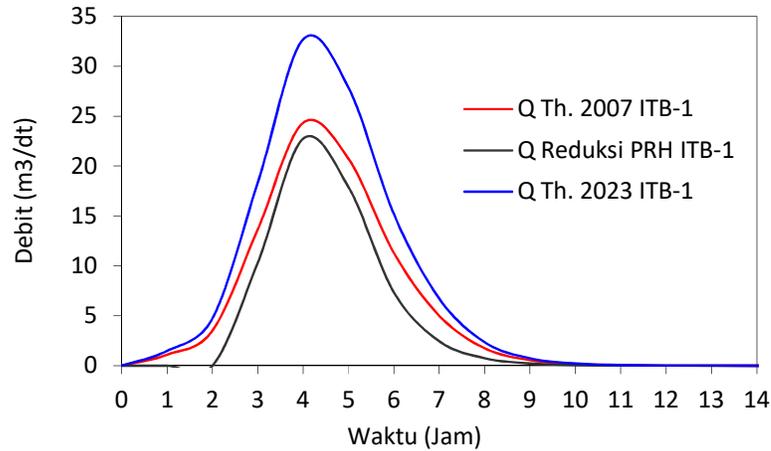
Gambar 2. Hidrograf Reduksi Debit Banjir Metoda Nakayasu

3. ITB-1

Tabel 3. Hidrograf dan Reduksi Debit Banjir Metoda ITB-1

ITB-1						
Waktu (jam)	Debit 2007	Debit 2023	Peningkatan Debit	Setelah PRH	Reduksi Debit	Perubahan Debit
	(m ³ /dt)					
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	1,10	1,48	0,38	0,00	1,48	-1,10
2	3,52	4,73	1,21	0,00	4,73	-3,52
3	13,65	18,35	4,69	10,32	8,02	-3,33
4	24,35	32,71	8,37	22,75	9,96	-1,60
5	20,73	27,86	7,13	17,89	9,97	-2,84
6	11,29	15,18	3,88	7,34	7,84	-3,96
7	5,00	6,72	1,72	2,45	4,27	-2,55
8	1,75	2,35	0,60	0,75	1,60	-1,00
9	0,55	0,73	0,19	0,22	0,52	-0,33
10	0,16	0,22	0,06	0,06	0,15	-0,10
11	0,05	0,06	0,02	0,02	0,04	-0,03

12	0,01	0,02	0,00	0,00	0,01	-0,01
Reduksi maksimum					9,97	0,00
Reduksi maksimum					19,51	7,79

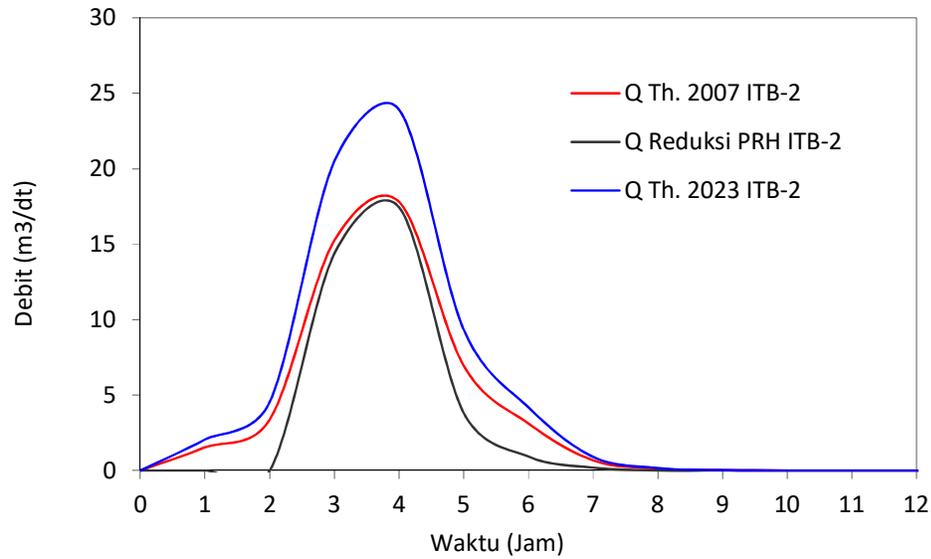


Gambar 3. Hidrograf Reduksi Debit Banjir Metoda ITB-1

4. ITB-2

Tabel 4. Hidrograf dan Reduksi Debit Banjir Metoda ITB-2

ITB-2						
Waktu (jam)	Debit 2007 (m ³ /dt)	Debit 2023 (m ³ /dt)	Peningkatan Debit (m ³ /dt)	Setelah PRH (m ³ /dt)	Reduksi Debit (m ³ /dt)	Perubahan Debit (m ³ /dt)
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	1,53	2,05	0,53	0,00	2,05	-1,53
2	3,38	4,55	1,16	0,00	4,55	-3,38
3	15,25	20,50	5,24	14,37	6,12	-0,88
4	17,80	23,92	6,12	17,45	6,48	-0,35
5	6,94	9,33	2,39	3,81	5,52	-3,14
6	3,11	4,18	1,07	0,92	3,26	-2,19
7	0,67	0,90	0,23	0,19	0,72	-0,48
8	0,12	0,16	0,04	0,00	0,16	-0,12
9	0,02	0,03	0,01	0,00	0,03	-0,02
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Reduksi maksimum					6,48	0,00
Reduksi maksimum					19,00	11,79



Gambar 4. Hidrograf Reduksi Debit Banjir Metoda ITB-2

Rencana Pemasangan PRH

1. Lokasi Penempatan

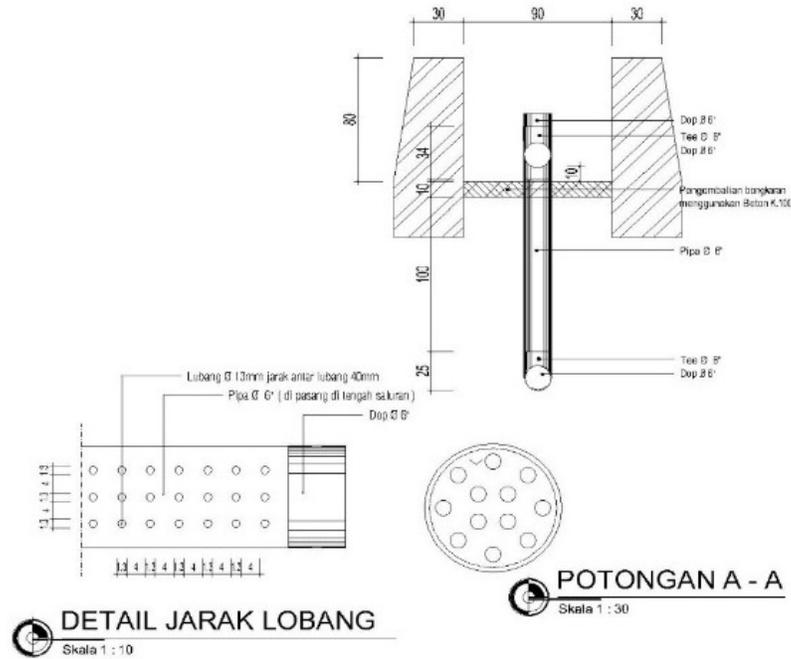
Tabel 5. Lokasi Pemasangan PRH terpilih DAS Lutung

No	Nama Perusahaan	Lokasi Perumahan	Jumlah PRH	Type PRH
1	Puri Asri Perdana	Kel.Padangsari	250 PRH	Type T
2	Villa Payung Indah	Kel.Pudakpayung	150 PRH	Type T
3	Pudak Payung Sejati	Kel.Pudakpayung	100 PRH	Type T
4	Perumahan RS Elisabeth	Kel.Gedawang	100 PRH	Type T
5	Perumahan Puri Gedawang Indah	Kel.Gedawang	100 PRH	Type T
6	Perumahan Korpri Pudakpayung	Kel.Pudakpayung	100 PRH	Type T
7	Villa Pinus Watugong Indah	Kel.Pudakpayung	100 PRH	Type T
8	Mega Residence	Kel.Gedawang	200 PRH	Type T
9	Perumahan Mega Bukit Mas	Kel.Gedawang	100 PRH	Type T
10	Asrama Wiratama	Kel.Pudakpayung	150 PRH	Type T
11	Perumahan Graha Yusuf Pratama	Kel.Gedawang	70 PRH	Type T
12	28 Residence	Kel.Gedawang	40 PRH	Type T
13	Grafika Pesona Asri Gedawang	Kel.Gedawang	70 PRH	Type T
14	Syailendra Residence	Kel.Gedawang	50 PRH	Type T

15	Perumahan Grafika Citra Sentosa	Kel.Gedawang	100 PRH	Type T
16	Perumahan Permata Green	Kel.Gedawang	50 PRH	Type T
17	Perumahan Taman Indah Banyumanik	Kel.Gedawang	50 PRH	Type T
18	Perumahan Alam Hijau Mulawarman	Kel.Padangsari	100 PRH	Type T
JUMLAH			1650 PRH	

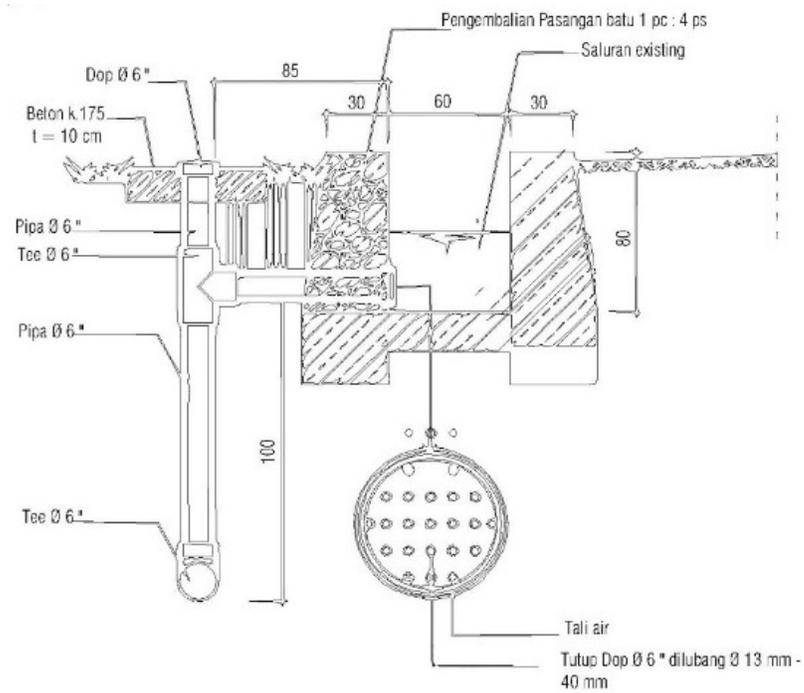
2. Lokasi Penempatan

a. Pemasangan PRH di tengah saluran



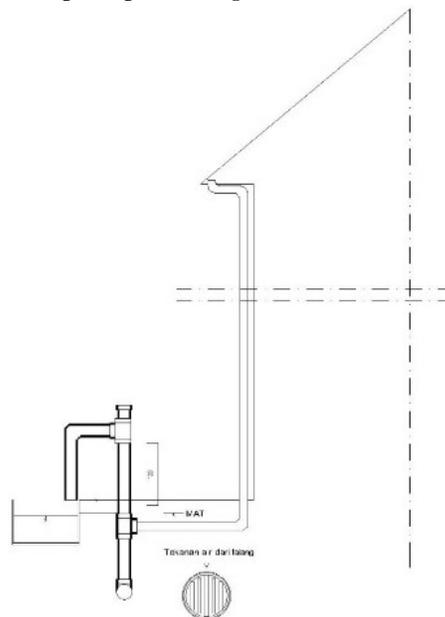
Gambar 5. Pemasangan PRH di tengah saluran

b. Pemasangan PRH di tepi saluran



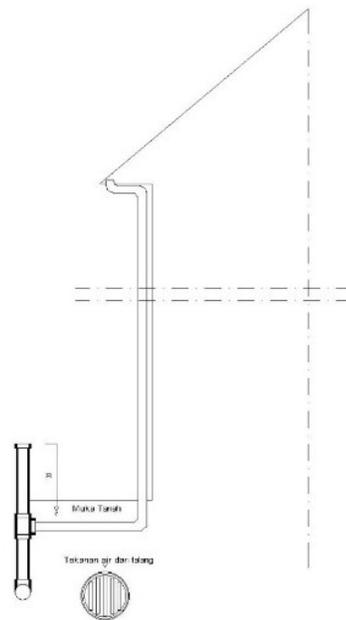
Gambar 6. Pemasangan PRH di tepi saluran

c. Pemasangan PRH dari Talang dengan Pelimpah



Gambar 7. Pemasangan PRH dari Talang dengan Pelimpah

d. Pemasangan PRH dari Talang



Gambar 8. Pemasangan PRH dari Talang

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian di Daerah Aliran Sungai Lutung Kecamatan Banyumanik Semarang dengan luas DAS 5,8626 km², didapatkan kesimpulan sebagai berikut :Analisa hujan menggunakan data curah hujan maksimum selama 10 tahun, mulai tahun 2013 hingga tahun 2022 dari Stasiun Klimatologi Gunungpati, Stasiun Klimatologi Pucanggading,dan Stasiun Klimatologi Sumur Jurang.Perubahan koefisien pengaliran akibat perubahan tata guna lahan tahun 2007 sebesar 0,317 sampai dengan 2023 sebesar 0,426, mengalami perubahan koefisien pengaliran sebesar 0,109.Distribusi frekuensi di analisis menggunakan dua metode yaitu metode Gumbel dan metode Log Person Type III, dari hasil analisis diperoleh hujan rencana Distribusi Log Person Type III sebagai berikut :R 2 tahun = 75,74 mm ;R 5 tahun = 101,90 mm;R 10 tahun = 120,93 mm;R 25 tahun = 146,77 mm;R 50 tahun = 167,37 mm;R 100 tahun= 189,06 mm;R 200 tahun= 272,55 mmPerhitungan debit banjir menggunakan dua metode yaitu metode Gama -1 dan metode rasional dengan periode ulang 50 tahun.Debit banjir yang digunakan adalah debit banjir hidograf dengan metode Gama I. Debit banjir periode ulang 50 tahun adalah sebagai berikut :Debit tahun 2007= 11,43 m³/detik, debit tahun 2023 sebelum dipasang PRH = 15,36 m³/detik,debit banjir 2023 setelah dipasang PRH =11.31 m³/detik,debit yang direduksi PRH = 8,55 m³/detik.Analisa kebutuhan pipa resapan horizontal (PRH) menggunakan dua metoda yaitu metoda Hidograf dan metoda Rasional.Kebutuhan PRH dengan analisa debit rasional periode ulang 50 tahun sebanyak 2754 unit. Analisa reduksi banjir yang

digunakan adalah reduksi banjir Hidograf dengan metode Gama-1 sebesar 8,55 m³/detik , dan dibutuhkan pipa resapan horizontal sebanyak 1650 unit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tiada kata yang pantas terucap selain rasa syukur kehadiran Allah SWT, Berkat limpahan dan rahmat-Nya penyusun mampu menyelesaikan jurnal yang berjudul "Analisa Kebutuhan Pipa Resapan Horizontal Akibat Perubahan Tataguna Lahan pada Daerah Aliran Sungai Lutung Kecamatan Banyumanik Semarang" dengan baik. Penulis menyadari bahwa dalam proses penulisan jurnal ini banyak mengalami kendala. Namun berkat berkah dari Allah SWT dan bantuan dari berbagai pihak sehingga kendala-kendala yang dihadapi tersebut dapat diatasi .Pada kesempatan yang berbahagia ini, tak lupa penulis menghaturkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, nasehat dan pemikiran dalam penulisan ini, terutama kepada:

1. Bapak Purwanto, S. T.,M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Semarang
2. Bapak Ngudi Hari Crista,S.T.,M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas. Semarang.
3. Bapak Ir. Edy Susilo,M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ibu Ir. Diah Setyati Budiningrum, M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan arahan dan semangat kepada kami dalam penyusunan Tugas Akhir.
4. Kedua orang tua yang telah mendoakan dan memberikan semangat yang tak terbatas untuk kami.
5. Teman-teman dan Sahabat serta semua pihak yang telah memberikan motivasi dan membantu dalam menyelesaikan Jurnal ini.

Akhirnya penulis berharap semoga amal baik dari semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan jurnal ini mendapatkan limpahan rahmat dan berkah yang hakiki dari Allah SWT. Semoga Jurnal ini dapat bermanfaat bagi semua pihak .Amin ya Rabbal'amin.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Andiyan, *Analisis Pasca Hunian Pada Bangunan Rusunawa*, no. May. 2021.
- [2] M. Alriansyah Rurung Herawaty Riogilang and L. A. Hendratta, "Perencanaan Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan dengan Sumur Resapan di Lahan Perumahan Wenwin - Sea Tumpengan Kabupaten Minahasa," *J. Sipil Statik*, vol. 7, no. 2, pp. 189-200, 2019.
- [3] E. Susilo and D. S. S. Budiningrum, "Kinerja Pipa Resapan Sebagai Pendukung Konservasi Air," *Teknika*, vol. 14, no. 2, p. 65, 2019, doi: 10.26623/teknika.v14i2.1806.

- [4] S. N. Qodriyatun, "Bencana Banjir: Pengawasan dan Pengendalian Pemanfaatan Ruang Berdasarkan UU Penataan Ruang dan RUU Cipta Kerja," *Aspir. J. Masal. Sos.*, vol. 11, no. 1, pp. 29–42, 2020, doi: 10.46807/aspirasi.v11i1.1590.
- [5] P. RI, "Nomor 17 Tahun 2019 Tentang Sumber Daya Air." Undang-Undang Republik Indonesia, Jakarta, 2019.
- [6] M. Qomaruddin, A. I. A. Saputra, T. H. Munawaroh, Z. Isnaini, and S. I. Ariyani, "Pemanfaatan Air Bersih Masyarakat Pada Program Pamsimas di Desa Raguklampitan Kabupaten Jepara," *Pros. Semin. Nas. Publ. Hasil-Hasil Penelit. dan Pengabd. Masy.*, no. September, pp. 571–578, 2017.
- [7] M. Huda, D. Rochmanto, and N. Hidayati, "Perencanaan Sistem Drainase Sepanjang Jalan Raya Mayong – Bakalan , Kabupaten Jepara," *J. Civ. Eng. Study*, vol. 01, pp. 26–33, 2021.
- [8] M. Mushthofa, D. Candrasasi, and F. Roehman, "Analisis Ketersediaan Air Upaya Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih di Desa Tinawun Kecamatan Malo Kabupaten Bojonegoro," *J. Civ. Eng. Study*, vol. 3, no. 01, pp. 39–50, 2023, doi: 10.34001/ces.03012023.5.
- [9] H. Rachmayanti, R. Musa, and A. Mallombasi, "Studi Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Banjir Dengan Menggunakan Software HEC HMS (Studi Kasus DAS Saddang)," *J. Konstr.*, vol. 01, no. 01, pp. 1–9, 2022.
- [10] E. Efrizal, Y. A. Saputro, and N. Hidayati, "Implementasi Software Hec-Ras 4.1. 0 Dan Epa Storm Water Management Model (Swmm) 5.1. 0 Pada Efektivitas Analisis Saluran Drainase (Studi Kasus Desa Kelet ...," *J. Civ. Eng. ...*, vol. 02, 2022, [Online]. Available: <https://journal.unisnu.ac.id/CES/article/view/222%0Ahttps://journal.unisnu.ac.id/CES/article/download/222/134>.
- [11] D. H. Santoso, "Penanggulangan Bencana Banjir Berdasarkan Tingkat Kerentanan dengan Metode Ecodrainage Pada Ekosistem Karst di Dukuh Tunggu, Desa Girmulyo, Kecamatan Panggang, Kabupaten Gunungkidul, DIY," vol. 16, no. 1, pp. 7–15, 2019, doi: 10.15294/jg.v16i1.17136.