



## STUDI PENANGANAN GENANGAN BANJIR DAN ROB SUNGAI MEDURI-BREMI KOTA PEKALONGAN DENGAN PIPA RESAPAN HORIZONTAL

Edy Susilo\*, Hani Purwanti, Satria Pinandita

Fakultas Teknik, Universitas Semarang

Email: [edysusilo@usm.ac.id](mailto:edysusilo@usm.ac.id)

Naskah Masuk : 5 Desember 2022

Naskah Revisi : 19 Desember 2022

Naskah Diterima : 28 Desember 2022

### Abstract

*Floods and droughts are a problem in most parts of Indonesia. The cause is suspected to be due to changes in land use from an open green land to land covered by buildings. As a result, water infiltration into the soil decreases, and runoff increases. This condition will be overcome by increasing the infiltration of water into the soil. Various attempts have been made using recharge wells and biopores. However, due to the small capacity of the infiltration equipment, it has not been able to overcome the problem of inundation and flooding. Horizontal Recharge Pipe (HRP) with perforated walls has a very large infiltration. The watersheds of the Meduri and Breми Rivers, which are located in the western part of Pekalongan, are areas that frequently experience inundation and flooding. The results of the analysis of rain data showed that the planned return periods of 2 years, 5 years, 10 years, 25 years, and 50 years respectively for the Meduri watershed were 106.33 mm, 146.98 mm, 172.05 mm, 200.40 mm, and 219.73 mm. As for the Breми DAS, it is 104.84 mm, 147.62 mm, 173.11 mm, 200.38 mm, 217.98 mm, 233.47 mm, and 247.93 mm. The design flood is calculated using the Gama-1, ITB-1, ITB-2, and Nakayasu methods. With a flow coefficient of 0.455 for the Meduri watershed and 0.439 for the Breми watershed, the flood discharge plan for the Gama-1 method with return periods of 2 years, 5 years, 10 years, 25 years, and 50 years respectively for the Meduri River is 34.36 m<sup>3</sup>/sec, 47.49 m<sup>3</sup>/s, 55.59 m<sup>3</sup>/s, 64.75 m<sup>3</sup>/s, and 71.00 m<sup>3</sup>/s. While the planned discharge of the Gama-1 method for the Breми River is 49.97 m<sup>3</sup>/s, 70.36 m<sup>3</sup>/s, 82.51 m<sup>3</sup>/s, 95.51 m<sup>3</sup>/s, 103.61 m<sup>3</sup>/s, 111.28 m<sup>3</sup>/s, and 118.17 m<sup>3</sup>/s. In the LWL condition, it does not rain, and the capacity of the river is sufficient while in the LWL condition and it rains some of the river sections overflows. There are several options for handling this flood, namely A. Motion weirs, ponds, and parapet normalization; B. Dams, ponds, parapet normalization, pumps, and HRP; C. Normalization, parapet, and HRP. Of the three options, it is recommended to choose option C depending on budget availability with the following considerations: low cost, environmentally friendly, increasing groundwater availability, reducing land subsidence, and preventing seawater intrusion, as well as lower operational costs.*

**Keywords:** Flood, horizontal recharge pipe, reduction, pump, land use change

### 1. PENDAHULUAN

Dampak langsung dari pertumbuhan penduduk dan urbanisasi adalah peningkatan aliran permukaan karena semakin luasnya lahan tertutup oleh bangunan. Kondisi ini diperparah dengan penurunan permukaan tanah di daerah pantai yang berakibat air rob masuk ke daratan. Maka banjir akibat hujan dan rob serta menurunnya persediaan air tanah menjadi fenomena di berbagai kota pesisir utara Pulau Jawa, di antaranya adalah Kota Pekalongan.

Sungai Meduri dan Sungai Breми yang terletak di bagian barat Kota Pekalongan dan masuk wilayah Kecamatan Pekalongan Barat, Pekalongan Utara, dan Pekalongan Selatan termasuk daerah yang mengalami ancaman banjir dan rob (Miftakhudin, 2021). Usaha untuk mereduksi debit banjir dan menambah air tanah telah banyak dilakukan di antaranya dengan menggunakan sumur resapan (Elsa, Sujatmoko, & Fauzi, 2018; Patel, Desai, & Desai, 2011), (Guttman, Negev, & Rubin, 2017), kotak

resapan (Adinda & Ikhsan, 2014), parit resapan (Sunjoto, 2008), sumur resapan radial (Antonio, Albaladejo-García, & Prats-Rico, 2017) maupun kolam dengan sumur resapan (Packialakshmi, Balaji, & Kumaresan, 2015). Penggunaan sumur resapan untuk mereduksi banjir tidak cukup efektif (Edy, Suripin, & Suharyanto, 2018) karena debit resapan yang relatif kecil (Susilo, Sudarmanto, & Purnijanto, 2017). Pengisian air tanah dengan sumur resapan masih efektif selama kedalaman air tanah lebih dari 2 meter (SNI 8456, 2017). er (SNI 8456, 2017). Penggunaan sumur resapan untuk mereduksi banjir tidak cukup efektif (Edy et al., 2018) karena debit resapan yang relatif kecil (Susilo et al., 2017). Kapasitas resapan sumur resapan sangat kecil dan terbatas pada kedalaman permukaan air tanah, tidak dapat menyelesaikan permasalahan banjir (PUPR, 2019). Pada umumnya permukaan air tanah di beberapa wilayah kota pesisir terutama pada musim penghujan sangat dangkal dan kurang dari 2 meter sehingga tidak memenuhi kriteria dan syarat pemasangan sumur resapan. Dengan demikian dibutuhkan inovasi bangunan resapan yang lebih besar (Edy et al., 2018).

Pipa resapan horisontal (PRH) merupakan bangunan yang berfungsi untuk meresapkan air permukaan ke dalam tanah dan dipasang secara horisontal (Edy, Suripin, & Suharyanto, 2020). PRH memiliki dimensi panjang dan tidak dibatasi oleh kedalaman air tanah. Debit resapan PRH lebih besar daripada pipa resapan vertikal (PRV) seperti sumur resapan dan biopori. 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).

Tujuan penelitian ini adalah:

- 1) Mengidentifikasi daerah genangan dan banjir oleh rob dan air hujan
- 2) Melakukan analisa hidrologi dan hidrolis untuk mengatasi daerah genangan dan banjir
- 3) Menganalisa kebutuhan PRH untuk mereduksi debit banjir dan kapasitas pompa.

## 2. METODE PENELITIAN

Langkah-langkah kegiatan penelitian dalam bentuk bagan dapat dilihat pada Gambar 1, sedangkan penjelasannya sebagai berikut:

### 2.1. Persiapan

Kegiatan persiapan meliputi peenyusunan perencanaan penelitian secara rinci meliputi peralatan yang dibutuhkan, waktu, tenaga, data yang diperlukan, dsb.

### 2.2. Koordinasi dengan instansi terkait

Kegiatan ini diperlukan untuk mendapatkan dukungan dari instansi terkait berupa data, informasi, kontak person, administrasi, dan sebagainya. Instansi yang perlu dilakukan koordinasi adalah

### 2.3. Survey Lokasi

Survey lokasi diperlukan untuk memberikan gambaran yang jelas kondisi lokasi yang menjadi obyek penelitian, yaitu Kecamatan Pekalongan Barat. Survey yang diperlukan meliputi sistem drainase, informasi genangan dan banjir, tanggul kritis, dan tataguna lahan.

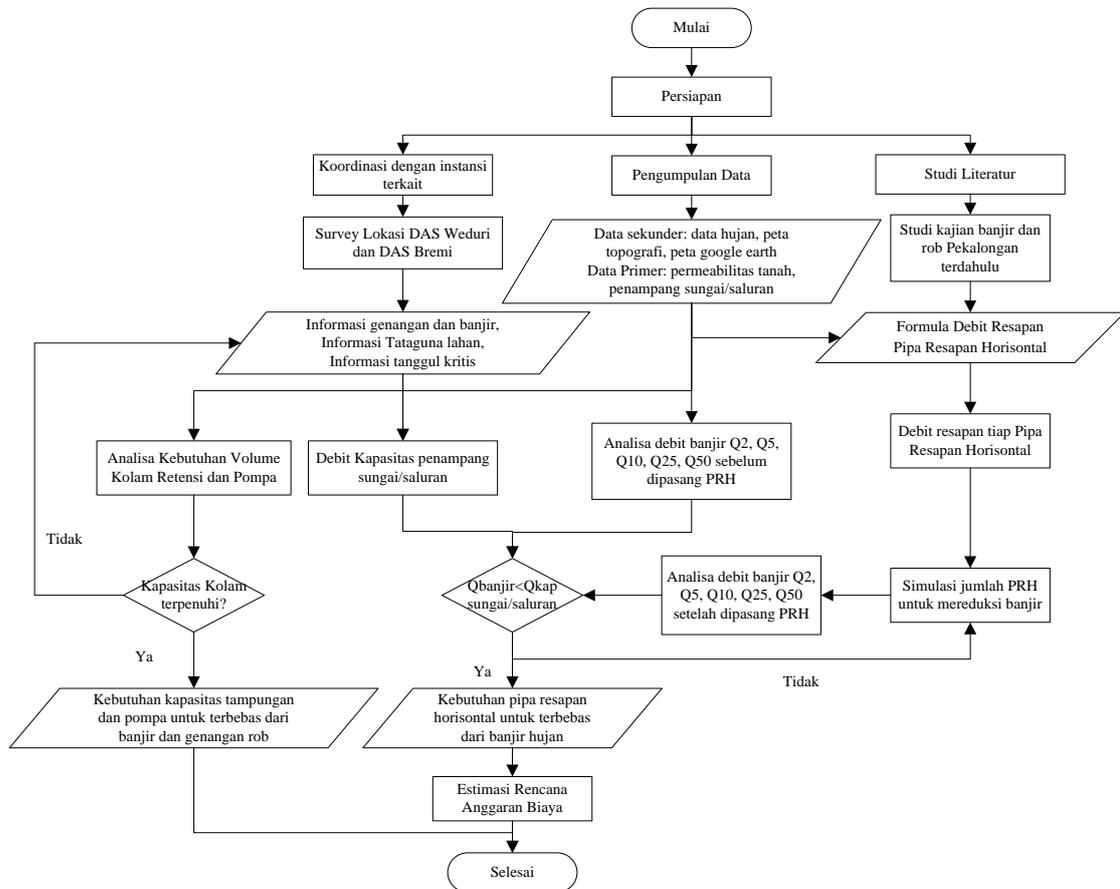
### 2.4. Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan meliputi data sekunder dan data primer. Data sekunder yang dibutuhkan yaitu hujan harian minimal 10 tahun terakhir di dalam atau dekat wilayah studi, peta topografi yang keduanya untuk menganalisa debit banjir, dan peta *Google Earth* untuk mengetahui dimensi sungai dan nantinya divalidasi.

Data primer yang dibutuhkan yaitu permeabilitas tanah yang akan dilakukan dengan metode *fallinghead* lapangan. Dimensi penampang melintang sungai dilakukan dengan menggunakan *Google Earth* sedangkan saluran dengan meteran. Kemiringan dasar sungai dan saluran dengan menggunakan peta topografi *Autocad 3D* yang dapat diketahui elevasinya.

### 2.5. Studi Literatur dan Kajian Terdahulu

Diperlukan untuk mengetahui bangunan atau instrumen untuk peresapan air dengan rumus-rumus yang ditemukan. Dari studi literatur ini akan ditentukan bangunan resapan alternatif yang memiliki kapasitas resapan maksimal. Selain itu hasil studi terdahulu juga menjadi bahan kajian untuk penelitian berikutnya.



Gambar 1 Diagram Alir Langkah-Langkah Penelitian

Debit pipa resapan horisontal (PRH) yang diasumsikan memiliki debit resapan yang paling besar dan harga paling murah akan dilakukan untuk penanganan genangan dan banjir dalam studi ini. Besarnya debit resapan 1 unit PRH menjadi dasar untuk menentukan kebutuhan jumlah PRH guna penanganan genangan dan banjir.

**2.6. Analisa Debit Sungai**

Debit rencana periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, dan 50 tahun dihitung dengan metode rasional atau hidrograf sesuai dengan luas daerah aliran sungai atau daerah tangkapan air. Metode hidrograf yang akan digunakan untuk DAS besar adalah Snyder, Nakayasu, ITB-1, dan ITB-2.

Dengan data penampang dan kemiringan serta kekasaran dasar/dinding sungai kapasitas debit sungai dihitung dengan menggunakan rumus manning dan kontinuitas.

Apabila debit banjir rencana lebih besar daripada debit kapasitas sungai/saluran, maka untuk mereduksi debit banjir disimulasikan dengan memasang pipa resapan horisontal sejumlah tertentu sampai debit banjir rencana terpenuhi oleh kapasitas penampang sungai eksisting.

**2.7. Analisa Kebutuhan Volume Kolam Tampungan dan Kapasitas Pompa**

Akibat penutupan saluran yang menuju sungai dibutuhkan kolam retensi/tampungan untuk hujan yang jatuh di sekitarnya. Besarnya volume tampungan dianalisa berdasarkan tinggi hujan dan kapasitas pompa yang digunakan. Namun karena keterbatasan lahan, kapasitas pompa yang dibutuhkan dianalisa. Perhitungan dilakukan dengan *Microsoft Excel*.

## 2.8. Simulasi Pipa Resapan Horisontal

Simulasi dimaksudkan untuk mendapatkan jumlah PRH yang dibutuhkan untuk mereduksi debit banjir dan memperkecil kapasitas pompa yang dibutuhkan. Semakin banyak PRH yang dipasang reduksi debit banjir akan semakin besar dan kapasitas pompa yang dibutuhkan semakin menurun.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Analisa Hidrologi

#### 3.1.1. Data Hujan DAS Meduri dan Brems

Data hujan yang digunakan untuk melakukan analisis hujan rencana pada DAS Meduri dan DAS Brems adalah Stasiun Curah Hujan Pekalongan dan Stasiun Curah Hujan Surabaya. Hujan titik dan hujan area untuk masing-masing DAS dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

**Tabel 1 Hujan Harian Maksimum DAS Meduri**

Data Hujan Daerah Aliran Sungai Meduri				Hujan Area (mm)
SCH	Pekalongan	Surabaya		
Luas (km <sup>2</sup> )	8,50	10,80		
Bobot (%)	44,04%	55,96%		
06-May-2005	91	8	8	44,55
28-Jan-2006	240	112	112	168,37
26-Dec-2007	209	130	130	164,79
18-Feb-2008	187	6	6	85,71
10-Feb-2009	84	120	120	104,15
09-Jun-2010	161	117	117	136,38
20-Jan-2011	166	74	74	114,51
14-Apr-2012	162	23	23	84,21
11-Jan-2013	138	50	50	88,75
02-Feb-2014	239	185	185	208,78
03-Jan-2015	135	22	22	71,76
17-Sep-2016	44	171	171	115,07
08-Apr-2017	130	0	0	57,25
15-Jan-2018	162	117	117	136,82
27-Jan-2019	130	110	110	118,81
20-Feb-2020	9	200	200	115,89
19-Jan-2021	12	131	131	78,60

**Tabel 2 Hujan harian maksimum DAS Brems**

Data Hujan Daerah Aliran Sungai Brems				Hujan Area (mm)
SCH	Pekalongan	Surabaya		
Luas (km <sup>2</sup> )	12,86	20,13		
Bobot (%)	38,98%	61,02%		
06-May-2005	91	8	8	40,36
28-Jan-2006	240	112	112	161,90
26-Dec-2007	209	130	130	160,80
18-Feb-2008	187	6	6	76,56
10-Feb-2009	84	120	120	105,97
09-Jun-2010	161	117	117	134,15
20-Jan-2011	166	74	74	109,87
14-Apr-2012	162	23	23	77,19
11-Jan-2013	138	50	50	84,31

Data Hujan Daerah Aliran Sungai Brems				Hujan Area (mm)
SCH	Pekalongan	Surabaya		
Luas (km <sup>2</sup> )	12,86	20,13		
Bobot (%)	38,98%	61,02%		
02-Feb-2014	239	185	185	206,05
03-Jan-2015	135	22	22	66,05
17-Sep-2016	44	171	171	121,49
08-Apr-2017	130	0	0	50,68
15-Jan-2018	162	117	117	134,54
27-Jan-2019	130	110	110	117,80
20-Feb-2020	9	200	200	125,54
19-Jan-2021	12	131	131	84,61

Tabel 1 dan Tabel 2 menunjukkan bahwa curah hujan maksimum tertinggi setiap tahunnya dari tahun 2005 sampai dengan tahun 2021 untuk DAS Meduri dan Brems berkisar antara 40,36 mm hingga 208,78 mm. Curah hujan maksimum tertinggi terjadi pada tanggal 2 Februari 2014 sebesar 208,78 mm dan terendah sebesar 40,36 mm tanggal 6 Mei 2005. Selanjutnya data curah hujan area tersebut diolah dengan analisis distribusi hujan.

#### 3.1.2. Hujan rencana

Hujan rencana DAS Meduri dengan periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, 100 tahun, dan 200 tahun dengan menggunakan distribusi frekuensi *Log Pearson Type III* dapat pada Tabel 3.

**Tabel 3 Hujan rencana DAS Meduri**

T (tahun)	XT (mm)
2	106,33
5	146,98
10	172,05
25	200,40
50	219,73
100	237,65
200	254,99

Hujan rencana DAS Brems dengan periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, 100 tahun, dan 200 tahun dengan menggunakan distribusi frekuensi *Log Pearson Type III* dapat pada Tabel 4.

**Tabel 4 Hujan Rencana DAS Brems**

T (tahun)	XT (mm)
2	104,84
5	147,62
10	173,11
25	200,38
50	217,98
100	233,47
200	247,93

Sumber : Hasil Perhitungan (2022)

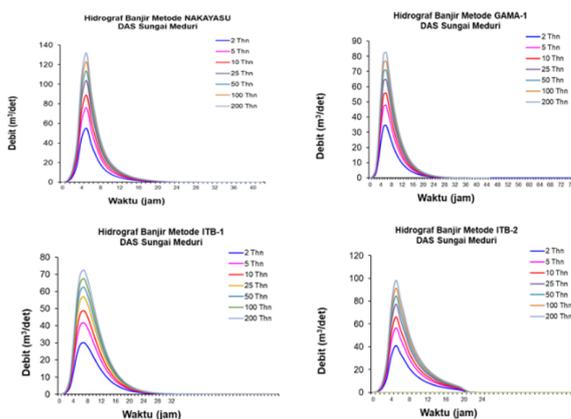
**3.1.3. Koefisien Pengaliran DAS Meduri dan Brems**

Untuk nilai koefisien limpasan pada kajian ini menggunakan nilai koefisien limpasan (C) yang ditetapkan oleh US Forest Service (Asdak, 2014). Dari hasil perhitungan didapat koefisien pengaliran DAS Meduri sebesar 0,455 dan DAS Brems sebesar 0,439 yang relative masih rendah.

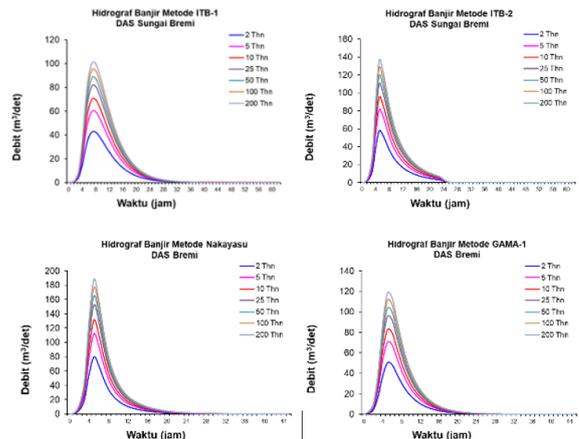
**3.1.4. Analisa Debit Banjir Hidrograf**

Debit banjir dimaksudkan untuk menentukan debit banjir rencana yang akan digunakan sebagai masukan dalam analisa hidrolika. Dari debit banjir rencana ini akan bisa diketahui daerah mana saja yang mengalami limpasan. Debit banjir rencana dihitung berdasarkan data curah hujan harian maksimum dengan menggunakan parameter daerah aliran sungai, seperti luas DAS, panjang sungai, waktu konsentrasi, koefisien aliran, dsb. Kala ulang dari banjir yang akan dihitung adalah banjir dengan periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, dan 50 tahun. Untuk perencanaan penanganan banjir dengan menggunakan pipa resapan horisontal, debit banjir rencana yang akan digunakan untuk normalisasi adalah debit banjir dengan periode ulang 10 tahun, 25 tahun, dan 50 tahun.

Analisa debit banjir rencana Sungai Meduri dan Sungai Brems menggunakan Metode Nakayasu, Gama-1, ITB-1, dan ITB-2, dan grafik hidrograf banjir dapat dilihat pada Gambar 2 dan Sungai Brems Gambar 3.



Gambar 2 Debit Banjir Sungai Meduri



Gambar 3 Debit Banjir Sungai Brems

Dari 4 metoda perhitungan debit banjir hidrograf yang paling mendekati dengan kondisi di lapangan adalah metoda Gama-1. Maka metoda Gama-1 akan digunakan untuk analisa selanjutnya.

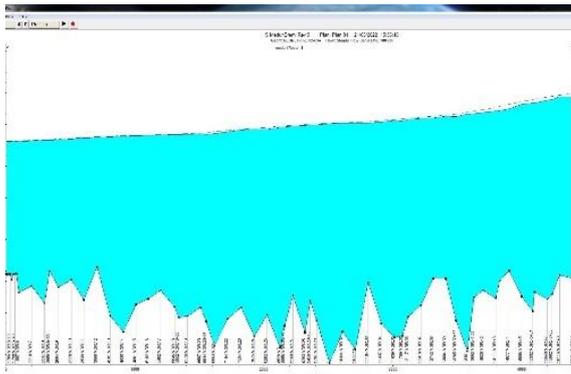
**3.2. Simulasi Kapasitas Sungai**

**3.2.1. Kondisi HWL Tidak Banjir**

Kapasitas Sungai Meduri dan Brems khususnya bagian hilir sangat ditentukan oleh pasang dan surut permukaan air laut. Simulasi kapasitas sungai dilakukan dengan menggunakan program *Hec Ras* versi 4.1. Simulasi pada kondisi *High Water Level* (HWL) ditentukan pada level air +1,80 meter. Dari hasil *running program Hec Ras* dapat disimpulkan untuk Sungai Meduri tidak ada yang limpas, berarti kapasitas sungai dapat menampung air rob. Sedangkan untuk Sungai Brems ada beberapa titik yang mengalami limpas. Dari hasil inventori lapangan menunjukkan limpasan air rob terjadi hampir pada setiap jembatan yang ada di sebelah utara jalan raya karena elevasinya lebih rendah daripada elevasi permukaan air rob.

**3.2.2. Kondisi LWL Banjir**

Simulasi kapasitas sungai dilakukan dengan menggunakan program *Hec Ras* versi 4.1. Simulasi pada kondisi *Low Water Level* (LWL) ditentukan pada level air +1,00 meter. Dari hasil *running program Hec Ras* dapat debit periode ulang 50 tahun dapat dilihat pada Gambar 4.

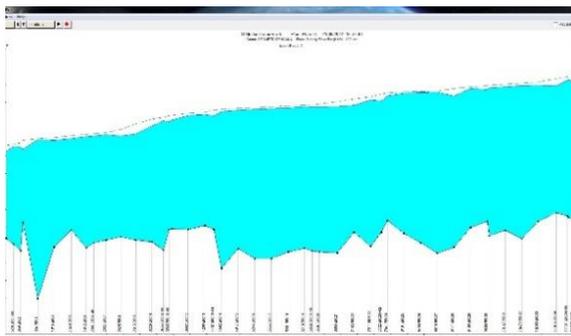


Sumber : Hasil Perhitungan (2022)

**Gambar 4 Kondisi LWL Q50 Tahun S. Meduri**

Dari gambar potongan memanjang Sungai Meduri kondisi *Low Water Level* (LWL) banjir periode ulang 50 tahun terdapat 8 titik limpas dari 40 titik pengamatan sepanjang 4,80 km.

Simulasi pada kondisi *Low Water Level* (LWL) ditentukan pada level air +1,00 meter. Hasil simulasi debit Q50 tahun dan kapasitas Sungai Breml dapat dilihat pada Gambar 5.



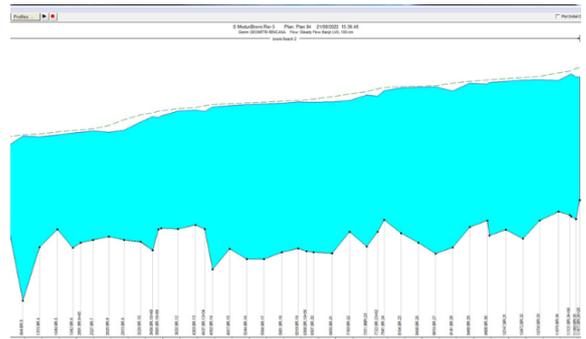
Sumber : Hasil Perhitungan (2022)

**Gambar 5 Kondisi LWL Q50 Tahun S. Breml**

Dari gambar potongan memanjang Sungai Breml kondisi LWL banjir periode ulang 50 tahun terdapat 32 titik limpas dari 47 titik pengamatan sepanjang 3,52 km.

### 3.3.3. Kondisi HWL Banjir

Simulasi pada kondisi *High Water Level* (HWL) ditentukan pada level air +1,80 meter. Hasil simulasi debit Q50 Tahun dan kapasitas Sungai Meduri dapat dilihat pada Gambar 6.

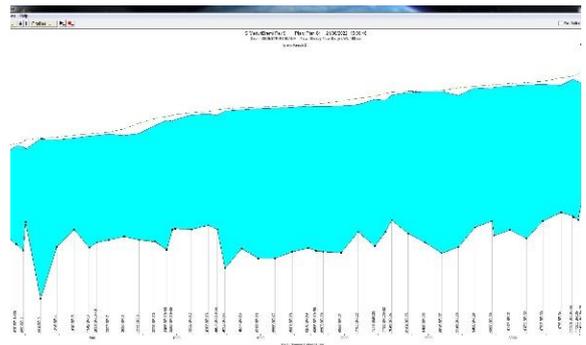


Sumber : Hasil Perhitungan (2022)

**Gambar 6 Kondisi HWL Q50 Tahun S. Meduri**

Dari gambar potongan memanjang Sungai Meduri kondisi *High Water Level* (HWL) banjir periode ulang 50 tahun terdapat 11 titik limpas dari 40 titik pengamatan sepanjang 4,80 km.

Simulasi pada kondisi *High Water Level* (HWL) ditentukan pada level air +1,80 meter. Hasil simulasi debit Q50 Tahun dan kapasitas Sungai Breml dapat dilihat pada Gambar 7.



Sumber : Hasil Perhitungan (2022)

**Gambar 7 Kondisi HWL Q50 Tahun S. Breml**

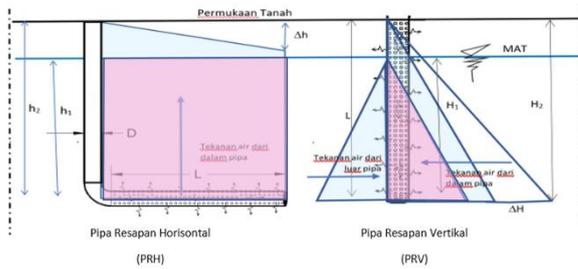
Dari gambar potongan memanjang Sungai Breml kondisi HWL banjir periode ulang 50 tahun terdapat 35 titik limpas dari 47 titik pengamatan sepanjang 3,52 km.

## 3.3. Reduksi Banjir dengan PRH

### 3.3.1. Perbedaan Peresapan PRH dan PRV

Pipa resapan horisontal (PRH) adalah pipa yang dipasang secara horisontal pada kedalaman H dan terhubung dengan pipa vertikal untuk pengisian air. Pipa resapan vertikal (PRV) adalah pipa yang terpasang secara vertikal. Baik pipa horisontal, maupun pipa vertikal keduanya dengan dinding pipa berlubang. Pemasangan PRH maupun PRV dapat berada di bawah permukaan air tanah (MAT), dan dapat juga berada di atas permukaan air tanah. Penempatan

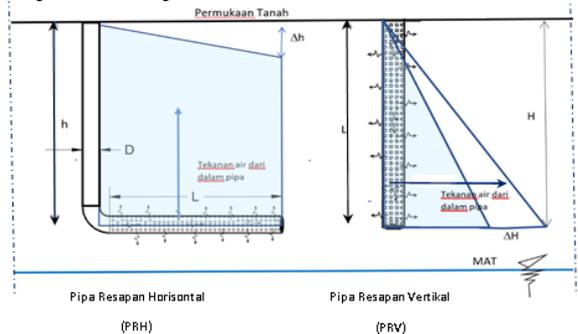
dan diagram tekanan air pada PRH dan PRV dalam kondisi pipa di bawah MAT dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Diagram Tekanan Air pada PRH (kiri) dan PRV (kanan) di Bawah MAT

Menurut diagram tekanan air pada Gambar 8 pada posisi pipa di bawah permukaan air, tekanan hidrostatik PRH lebih besar daripada PRV. Peresapan air di dalam tanah secara grafitasi tergantung seberapa besar tekanan hidrostatik. Maka daya resap air oleh PRH lebih besar daripada daya resap air oleh PRV.

Penempatan dan diagram tekanan air pada PRH dan PRV dalam kondisi pipa di atas MAT dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Diagram Tekanan Air pada PRH (kiri) dan PRV (kanan) di Atas MAT

Sama halnya dengan penjelasan sebelumnya diagram tekanan air pada Gambar 9 pada posisi pipa di atas permukaan air, tekanan hidrostatik PRH (luas trapesium) lebih besar daripada PRV (luas segitiga).

Peresapan air di dalam tanah secara grafitasi tergantung seberapa besar tekanan hidrostatik. Maka daya resap air oleh PRH lebih besar daripada daya resap air oleh PRV baik pada kondisi pipa di bawah MAT ataupun pipa di atas MAT. Perbedaan ini akan semakin besar ketika dinding pipa PRH dilubangi sedangkan PRV tidak dilubangi.

### 3.3.2. Pengujian Permeabilitas Tanah

Pengujian permeabilitas tanah dilakukan dengan metode lapangan yang dilaksanakan di dalam area DAS Meduri dan DAS Bremsi dengan jumlah sampel masing-masing lima titik lokasi yang berbeda. Hasil pengujian permeabilitas tanah (k) lapangan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Permeabilitas Tanah (K)

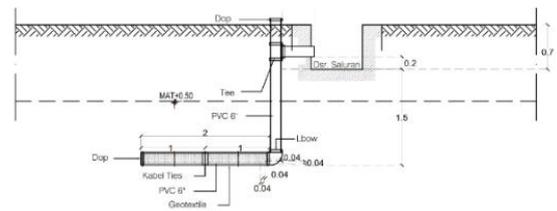
No.	Nama Titik	Nilai K DAS Meduri (cm/dt)	Nilai K DAS Bremsi (cm/dt)
1	Titik 1	$5,25 \times 10^{-5}$	$1,05 \times 10^{-5}$
2	Titik 2	$1,82 \times 10^{-5}$	$1,92 \times 10^{-4}$
3	Titik 3	$1,44 \times 10^{-5}$	$1,59 \times 10^{-4}$
4	Titik 4	$1,89 \times 10^{-4}$	$1,96 \times 10^{-4}$
5	Titik 5	$6,32 \times 10^{-5}$	$1,26 \times 10^{-4}$

Sumber : Hasil Perhitungan (2022)

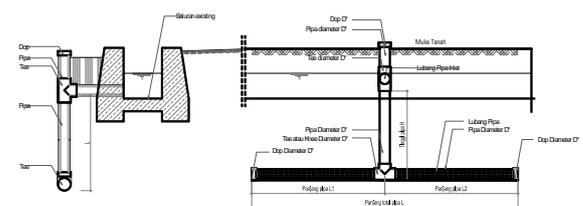
Analisa kebutuhan PRH pada DAS Meduri maupun Bremsi menggunakan harga rata-rata K dari hasil tes tersebut sebesar  $6,60 \times 10^{-5}$  cm/dt.

### 3.3.3. Debit Resapan PRH

Gambar PRH tipe L dan PRH tipe T dapat dilihat berturut-turut pada Gambar 10 dan Gambar 11. Diameter dan panjang pipa dapat bervariasi sesuai kebutuhan dan biaya.



Gambar 10 Potongan PRH tipe L



Gambar 11 Potongan PRH tipe T

Debit resapan PRH tipe L dan tipe T tidak seberapa beda jauh sekalipun tipe T kehilangan energi akibat *major losses* lebih kecil, namun kehilangan energi akibat *minor losses* 2 kali lebih besar. Debit resapan PRH dinyatakan dengan persamaan: (Edy et al., 2020)

$$Q = 110,99 K^{1,2896} P^{0,121} D^{2,038} L^{0,718} H^{1,626} \quad (1)$$

Dengan:

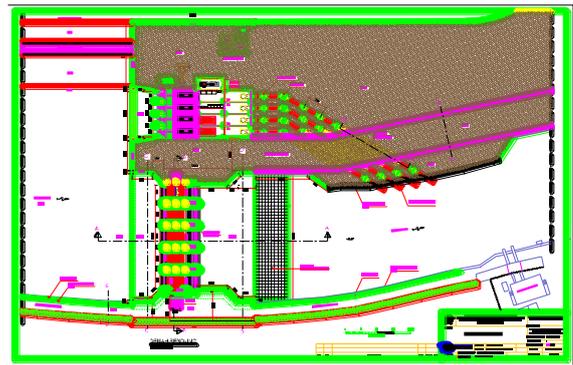
- Q = debit resapan pipa ( $\text{cm}^3/\text{dt}$ )
- K = permeabilitas tanah ( $\text{cm}/\text{dt}$ )
- P = porositas dinding pipa
- D = diameter pipa (cm)
- L = panjang pipa (cm)

Persamaan (1) semestinya untuk PRH di bawah permukaan air tanah. Mengingat peresapan terjadi pada musim hujan dan permukaan air tanah naik, rumus di atas lebih aman untuk perhitungan reduksi banjir. Dengan menggunakan persamaan (1) untuk diameter pipa 15 cm, panjang pipa 400cm, porositas dinding pipa 0,048, dan tinggi tekanan air 100 cm, debit resapan PRH sebesar  $4,534\text{cm}^3/\text{dt}$  atau 4,53liter/dt. Bila diasumsikan jumlah hari hujan dalam setahun 70 hari, dan tiap hujan dapat mengisi PRH selama 1 jam, maka tambahan air tanah oleh 1 unit PRH sebesar  $1.142\text{m}^3$  air.

### 3.3.4. Pengendalian Banjir dengan Bendung dan Kolam

Pada tahun 2021 telah dilaksanakan pekerjaan DED Pengendalian Banjir dan Rob Sistem Sungai Breml – Meduri oleh Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air dan Penataan Ruang Pemerintah Provinsi Jawa Tengah yang dikerjakan oleh konsultan PT. Adhitya Dharmastitya. Di antara hasil perencanaan yang dilakukan adalah bendung gerak yang berlokasi di hilir pertemuan Sungai Meduri – Breml.

Dari hasil analisa dan perencanaan (PUSDATARU, 2021a) bangunan bendung gerak dilengkapi dengan empat buah pintu sorong dengan lebar 5,0 meter dan tinggi 2,50 meter. Elevasi mercu +1,14 meter. Diharapkan dengan bendung gerak ini air pasang HWL tidak masuk ke sungai, sebaliknya pada kondisi banjir Sungai Meduri dan Sungai Breml masih dapat mengalirkan airnya sampai muara dengan cara membuka pintu pada kondisi air surut. Sedangkan pada kondisi air pasang pintu ditutup dan bendung dilengkapi dengan pompa air dengan kapasitas  $5,00\text{ m}^3/\text{dt}$ . Dengan elevasi HWL +1,80m dan tinggi pintu 2,50m maka elevasi pintu atas +3,64m. Denah bangunan perencanaan bendung gerak dapat dilihat pada Gambar 12.



Sumber : PUSDATARU (2021b)

**Gambar 12 Denah Bendung Gerak**

Untuk memperkecil kapasitas pompa diperlukan kolam retensi sebagai tempat persinggahan sementara aliran air. Denah kolam retensi dapat dilihat pada Gambar 13.



Sumber : PUSDATARU (2021b)

**Gambar 13 Denah Kolam Retensi**

Kolam retensi diperdalam sampai elevasi dasar -0,86 meter dan volume pada elevasi tertinggi +3,00 meter sebesar  $1.158.000\text{ m}^3$ . Dalam pengoperasian Bendung Gerak Sungai Breml – Meduri di samping menggunakan pintu gerak juga dibantu dengan pengoperasian pompa air untuk mempercepat dan mengefektifkan debit banjir dan rob serta intrusi air laut, pompa yang digunakan sebanyak tiga buah pompa di mana tiga buah pompa berkapasitas  $5\text{ m}^3/\text{dt}$  dengan head 6 meter dalam keadaan terpasang dan peralatan sistem pompa drainase lainnya yang siap dioperasikan (PUSDATARU, 2021b).

**3.3.5. Kebutuhan PRH sesuai Kapasitas Sungai**

Setelah melakukan simulasi kebutuhan pipa resapan horisontal dengan pipa diameter 6 inci (16,5 cm), diperoleh jumlah kebutuhan pipa resapan horisontal. Hasil simulasi kebutuhan pipa resapan horisontal disajikan pada Tabel 6.

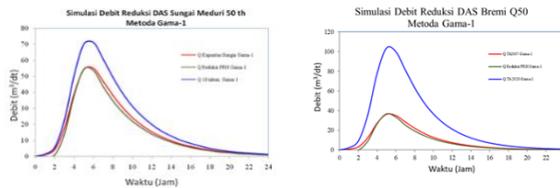
**Tabel 6 Jumlah PRH untuk Mereduksi Debit**

DAS	Diameter Nominal (inch)	Panjang Pipa Horisontal (m)	Jumlah Pipa	Jarak rata-rata antar PRH (m)
Meduri	6	4	2.325	91
Bremi	6	4	16.700	44

Sumber: Perhitungan (2022)

Hasil simulasi perhitungan kebutuhan PRH menggunakan pipa diameter 6 inci atau 16,5 cm dengan jumlah pipa 2.325 unit untuk DAS Meduri dan 16.700 unit untuk DAS Bremi.

Analisa reduksi debit banjir hidrograf dengan metode Gama I Sungai Meduri dan Bremi dapat dilihat pada Gambar 14.



Sumber : Hasil Perhitungan (2022)

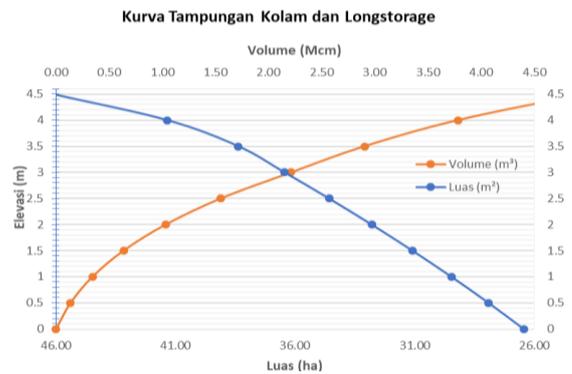
**Gambar 14 Debit Reduksi Q50 tahun**

Hasil perhitungan di atas berdasarkan kondisi permukaan air laut pada LWL. Simulasi pada kondisi HWL tidak memungkinkan karena elevasi permukaan air banjir sangat tinggi. Dengan demikian perlu dilakukan analisa dengan bangunan bendung pada hilir sungai setelah pertemuan Sungai Meduri dan Sungai Bremi.

**3.3.6. Kebutuhan PRH sungai ditutup**

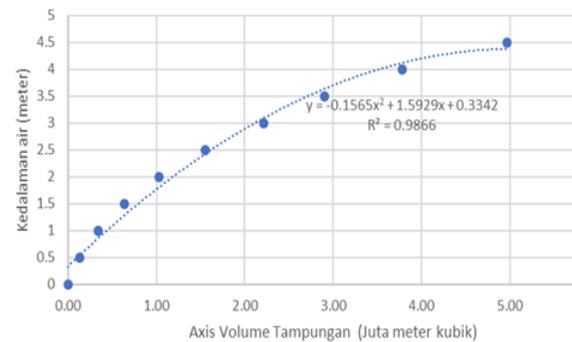
Dalam analisa ini elevasi dasar kolam -0,86 meter diperhitungkan sebagai kedalaman 0 meter. Untuk simulasi kebutuhan kapasitas pompa, volume kolam retensi ditambah dengan long storage Sungai Meduri dan Sungai Bremi diperhitungkan sebesar 726.300 m<sup>3</sup>.

Hubungan antara luas permukaan, volume tampungan dan kedalaman air dapat dilihat pada Gambar 15.



**Gambar 15 Kurva Tampungan dan Long Storage**

Dengan memperhitungkan long storage kapasitas tampungan untuk mereduksi kebutuhan pompa menjadi lebih besar. Hubungan kedalaman air dan kapasitas tampungan beserta persamaan regresi yang diperoleh dari grafik dapat dilihat pada Gambar 16.



Sumber : Hasil Perhitungan (2022)

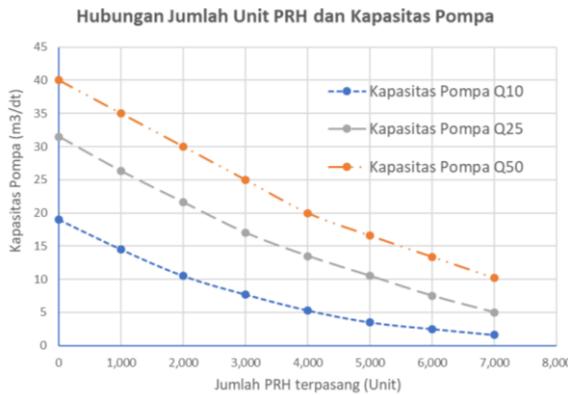
**Gambar 16 Kedalaman Air dan Volume-Luas Tampungan**

Rekap hasil perhitungan kebutuhan kapasitas pompa tanpa memasang pipa resapan horisontal untuk DAS Meduri dan DAS Bremi dengan debit rencana Q 10 Tahun, Q 25 Tahun, dan Q 50 Tahun dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 7 Kebutuhan pompa tanpa PRH**

No.	Luas DAS (km <sup>2</sup> )	Periode Ulang (Tahun)	Debit Maksimum (m <sup>3</sup> /dt)	Kapasitas Pompa (m <sup>3</sup> /dt)
1	52.29	10	137.46	19
2	52.29	25	159.52	32
3	52.29	50	173.79	40

Rekap hasil perhitungan kebutuhan kapasitas pompa dengan memasang pipa resapan horisontal untuk DAS Meduri dan DAS Bremi dengan debit rencana Q 10 Tahun, Q 25 Tahun, dan Q 50 Tahun dapat dilihat pada Gambar 17 dan Tabel 8.



Gambar 17 Kebutuhan Kapasitas Pompa

Tabel 8 Kapasitas Pompa Sungai Meduri-Bremi

No.	Jumlah PRH (unit)	Jarak Rata-rata PRH (meter)	Kapasitas Pompa yang dibutuhkan		
			Q10 Th (m³/dt)	Q25 Th (m³/dt)	Q50 Th (m³/dt)
		Luas DAS 52,29 km²			
1	0	-	19	32	40
2	1,000	228,67	15	26	35
3	2,000	161,69	11	22	30
4	3,000	132,02	8	17	25
5	4,000	114,33	5	14	20
6	5,000	102,26	4	11	17
7	6,000	93,35	3	8	13
8	7,000	86,43	2	5	10

Sumber : Hasil perhitungan (2022)

Menurut (Putranto, Hadiyanto, & Hati, 2020) kebutuhan sumur resapan untuk menampung limpasan dan genangan air hujan pada wilayah rawan banjir Kota Pekalongan yaitu 57.718 unit dan di luar area banjir sebanyak 227.416 unit. Apabila luas wilayah Kota Pekalongan 45,25 km<sup>2</sup> dibagi dengan kebutuhan sumur resapan akan diperoleh jarak rata-rata antar sumur resapan sebesar 12,6 m, yang sulit untuk dilaksanakan.

### 3.4. Alternatif Penanganan Banjir

Dengan menggunakan analisa harga satuan dan rencana anggaran biaya yang disusun oleh PT. Adhitya Dharmastitya (PUSDATARU, 2021a) perbandingan estimasi biaya dari keempat opsi tersebut dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9 Estimasi Biaya Penanganan Banjir

Opsi	Bangunan Penanganan Banjir dan Rob	Estimasi Biaya (Milyar Rp)
A	Bendung gerak, kolam retensi, normalisasi, parapet	(M) 544,54
B	Dam, kolam, normalisasi parapet, pompa dan PRH	(M) 488,79
C	Normalisasi parapet dan PRH	(M) 361,77

## 4. KESIMPULAN

Dari hasil inventarisasi, pendataan, dan analisa perhitungan dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Pada kondisi permukaan air laut LWL maupun HWL dan tidak terjadi banjir kapasitas penampang dan tanggul/parapet Sungai Meduri maupun Sungai Bremi cukup untuk menampung air laut yang masuk ke dalam sungai tanpa banjir hujan. Limpasan air dari sungai pada kondisi HWL mengalir dari beberapa jembatan yang elevasinya lebih rendah dari HWL.
- 2) Debit banjir periode ulang 2 tahun sampai 50 tahun dengan metoda Gama-1 adalah sebagai berikut:
  - a) Sungai Meduri 34,36 m<sup>3</sup>/dt sampai 71,00 m<sup>3</sup>/dt
  - b) Sungai Bremi 49,97 m<sup>3</sup>/dt sampai 103,61 m<sup>3</sup>/dt
- 3) Simulasi kebutuhan pipa resapan horisontal pada kondisi HWL sama dengan kondisi LWL ditambah peninggian parapet sekitar 100 cm, dengan debit rencana periode ulang 2 tahun sampai 50 tahun adalah sebagai berikut:
  - a) Sungai Meduri 80 unit sampai 2.325 unit
  - b) Sungai Bremi 11000 unit sampai 16.700 unit
- 4) Beberapa opsi penanganan banjir dan rob Sungai Meduri dan Sungai Bremi adalah sebagai berikut:
  - a) Bendung gerak, kolam, normalisasi parapet
  - b) Bendungan, kolam, normalisasi parapet, pompa dan PRH
  - c) Normalisasi, parapet dan PRH
 Dari ketiga opsi tersebut disarankan memilih opsi C dengan pertimbangan:
  - a) Biaya lebih murah
  - b) Ramah lingkungan
  - c) Menambah ketersediaan air tanah, mengurangi amblasan, dan mencegah intrusi air laut
  - d) Biaya operasional lebih rendah

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pemerintah Kota Pekalongan yang telah mendanai penelitian ini melalui Badan

Perencanaan Pembangunan, Penelitian dan Pengembangan Daerah Kota Pekalongan. Juga terima kasih kepada Dekan Fakultas Teknik Universitas Semarang yang telah memberikan dukungan yang diperlukan untuk terlaksananya penelitian ini.

## 6. REFERENSI

- Adinda, S., & Ikhsan, A. (2014). Pengaruh Pemodelan Kotak Resapan Buatan di Saluran Drainase terhadap Debit Limpasan. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, 17(1), 61–67.
- Antonio, J.-A., Albaladejo-García, J. A., & Prats-Rico, D. (2017). Artificial groundwater recharge. review of the current knowledge of the technique. *Revista de La Sociedad Geologica de Espana*, 30(1), 85–96. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/318317506\\_Artificial\\_Groundwater\\_Recharge\\_Review\\_of\\_the\\_Current\\_Knowledge\\_of\\_the\\_Technique](https://www.researchgate.net/publication/318317506_Artificial_Groundwater_Recharge_Review_of_the_Current_Knowledge_of_the_Technique)
- Asdak, C. (2014). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta.
- Edy, S., Suripin, & Suharyanto. (2018). Field performance of shallow recharge well. *MATEC Web of Conferences*, 195, 05006. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819505006>
- Edy, S., Suripin, & Suharyanto. (2020). Perforated horizontal recharge pipe modeling with non-linear regression. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 13(7), 1724–1734. Retrieved from <http://www.irphouse.com>
- Elsa, R., Sujatmoko, B., & Fauzi, M. (2018). Efektifitas Pemanfaatan Sumur Resapan Untuk Mereduksi Limpasan Permukaan. *Jom FTEKNIK*, 5(2), 1–7.
- Guttman, J., Negev, I., & Rubin, G. (2017). Design and testing of recharge wells in a coastal aquifer: Summary of field scale pilot tests. *Water (Switzerland)*, 9(1). <https://doi.org/10.3390/w9010053>
- Miftakhudin, S. (2021). Strategi Penanganan Banjir Rob Kota Pekalongan. *Jurnal Litbang Kota Pekalongan*, 20(1), 29–38. <https://doi.org/10.54911/litbang.v20i.142>
- Packialakshmi, S., Balaji, S., & Kumaresan, T. (2015). Inducing Recharge of Groundwater by Treated Waste Water - A Pilot Study in Southern Chennai Metropolitan Area. *Indian Journal of Science and Technology*, 8(11). <https://doi.org/10.17485/ijst/2015/v8i11/71806>
- Patel, P., Desai, M., & Desai, J. (2011). Geotechnical Parameters Impact on Artificial Ground Water Recharging Technique for Urban Centers. *Journal of Water Resource and Protection*, 03(05), 275–282. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2011.35035>
- PUSDATARU. (2021a). *Laporan Akhir DED Pengendalian Banjir dan Rob Sistem Sungai Breml – Meduri*.
- PUSDATARU. (2021b). *Laporan Pedoman Operasi Dan Pemeliharaan*. Semarang.
- Putranto, T. T., Hadiyanto, & Hati, A. C. (2020). Studi penentuan sumur resapan sebagai upaya pengendalian banjir di Kota Pekalongan. *Jurnal Litbang Kota Pekalongan*, 19(2), 1–13.
- SNI 8456. (2017). *Standar Nasional Indonesia: Sumur dan parit resapan air hujan*.
- Sunjoto, S. (2008). The Recharge Trench As a Sustainable Supply System. *Journal of Environmental Hydrology*, 16(January), 1–11.
- Susilo, E., Sudarmanto, B., & Purnijanto, B. (2017). KAJIAN EMPIRIS SUMUR RESAPAN PADA TANAH SILT. *Teknika*, 12(2), 37–44. <https://doi.org/10.26623/teknika.v12i2.641>