



## Desain Outlet Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro untuk Pengendalian Debit Aliran Tinggi pada Saluran Drainase di Jalan Salatiga Kota Malang

Aditya Darmawan<sup>1</sup>, Laksni Sedyowati<sup>2</sup>, Nanang Mudjito<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil Universitas Merdeka Malang

<sup>2</sup>Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Merdeka Malang

### Keywords :

*Micro Hydro Power Plant; Ecodrain; Discharge Controller System*

### Kata Kunci :

*PLTMH; Ecodrain; Sistem Pengendali Debit*

### Article History :

Submitted : 1 Januari 2022

Accepted : 1 Februari 2022

Available Online : 1 Juni 2022

Korespondensi Penulis :  
Aditya Darmawan

Email :  
[adarmawan120@gmail.com](mailto:adarmawan120@gmail.com)

### Abstract

*The design of the MHP outlet design using the ecodrain concept aims to control the high flow discharge in the Jl. Salatiga Malang City. The ecodrain concept was chosen because it does not require a large area of land, and can be relied upon as a discharge control system. The method of measuring the drainage channel discharge is using the SNI rules. The results of the observations obtained a strong relationship between water level and discharge with a value of  $R^2 = 0.8464$  and the equation  $y = 6.1826x1.8236$  with a discharge of  $16.27 \text{ m}^3/\text{second}$  when the water level reached 1.7 meters and the incoming discharge to MHP by  $1.3 \text{ m}^3/\text{second}$ . The results of ecodrain planning, obtained that the retention pond unit can accommodate 60.74 m of water, infiltration wells can absorb water of  $1.347 \text{ m}^3/\text{second}$  and bioretention absorb water of  $1.085 \text{ m}^3/\text{second}$ .*

### Abstrak

Perencanaan desain outlet PLTMH menggunakan konsep *ecodrain* bertujuan untuk mengendalikan debit aliran tinggi di saluran drainase Jl. Salatiga Kota Malang. Konsep *ecodrain* dipilih karena tidak memerlukan lahan yang luas, dan mampu diandalkan sebagai sistem pengendali debit. Metode pengukuran debit saluran drainase menggunakan aturan SNI. Hasil pengamatan diperoleh hubungan tinggi muka air dan debit yang kuat dengan nilai  $R^2 = 0,8464$  dan persamaan  $y = 6,1826x1.8236$  dengan debit sebesar  $16,27 \text{ m}^3/\text{detik}$  pada saat tinggi muka air mencapai 1,7 meter dan debit yang masuk ke PLTMH sebesar  $1,3 \text{ m}^3/\text{detik}$ . Hasil perencanaan *ecodrain*, didapat unit kolam retensi mampu menampung air sebesar  $60,74 \text{ m}^3$ , sumur resapan dapat meresapkan air sebesar  $1,347 \text{ m}^3/\text{detik}$  dan bioretensi meresapkan air sebesar  $1,085 \text{ m}^3/\text{detik}$ .

DOI :

Sitasi : Darmawan, Aditya et al. 2022. Desain Outlet Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Sebagai Pengendalian Debit Aliran Tinggi Pada Saluran Drainase. Vol. 1; No. 1; pp. 23-30.

## **1. Pendahuluan**

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) merupakan pembangkit listrik skala kecil dengan output tidak lebih dari 100 KW dengan menggunakan potensi aliran air yang terdapat di saluran irigasi, drainase atau sungai. Konstruksi yang sederhana, mudah dioperasikan, perawatan yang mudah dan tidak memerlukan biaya yang tinggi, PLTMH dapat digunakan di saluran air atau sungai dimanapun (Riadi, 2016). Jalan Salatiga Kota Malang diambil sebagai daerah penelitian karena pada waktu musim hujan sering terjadi luapan air dari saluran drainase.

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro yang direncanakan dalam penelitian ini mempunyai tipe run off river dengan memanfaatkan aliran air yang terdapat di saluran drainase jalan Salatiga. Tujuan direncanakannya PLTHM ini selain untuk menghasilkan energi listrik, juga dimanfaatkan untuk mengurangi debit aliran tinggi yang ada di saluran drainase. Hal ini disebabkan, debit aliran tinggi yang terdapat di saluran drainase Jalan Salatiga dapat mengakibatkan luapan air yang berasal dari saluran drainase. Dengan direncanakannya PLTHM yang menggunakan konsep drainase berwawasan lingkungan atau ecodrain pada outlet PLTMH diharapkan mampu mengendalikan debit aliran tinggi pada saluran drainase Jalan Salatiga, Kota Malang, sehingga mengurangi terjadinya luapan air.

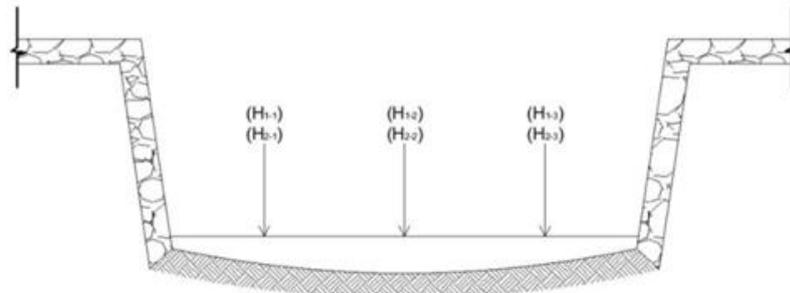
Salah satu konsep ecodrain adalah kolam retensi. Kolam retensi adalah kolam buatan yang menampung air hujan dan air dari sistem drainase yang akan diresapkan ke dalam tanah. Kolam tersebut dibuat pada lahan yang paling rendah yang telah beralih fungsi menjadi pemukiman atau perkantoran. Kolam retensi merupakan prasarana drainase yang berfungsi untuk menampung dan meresapkan air hujan di suatu wilayah (Dir. Jend. Cipta Karya DPU, 2010). Kolam retensi juga dapat berfungsi untuk menjernihkan air sebelum disalurkan ke sebuah penampungan air. Proses penjernihan air yang terjadi dikolam ini lebih murah dan lebih mudah jika dibandingkan dengan penjernihan air yang terjadi pada sebuah waduk karena mempunyai ukuran yang lebih kecil. Dengan perencanaan yang baik, kolam ini bisa menjadi tempat yang efektif untuk menampung air hujan sementara waktu dan juga untuk distribusi air. Kolam retensi dibagi menjadi dua macam, tergantung dari bahan pelapis dinding dan dasar kolam, yaitu kolam alami dan kolam buatan. Dewasa ini banyak diterapkan bioretensi. Konsep bioretensi pertama kali dikembangkan oleh Prince George's County, Maryland, Department of Environmental Resources pada awal 1990. Metode yang digunakan merupakan kombinasi dari filtrasi dengan proses fisik dan penyerapan dengan proses biologis (Budinetto dkk., 2012). Konsep yang lain adalah sumur resapan. Sumur resapan merupakan lubang galian kecil yang diisi dengan agregat, biasanya dengan kerikil atau batuan. Fungsi dari sumur resapan adalah sebagai sistem infiltrasi yang digunakan untuk pengendalian aliran permukaan dari atap bangunan. Kegunaan lain dari sumur resapan adalah untuk membuat daerah tangkapan dari inflow berbentuk aliran permukaan langsung. Sumur resapan menyediakan perlakuan utama dengan proses yang sama dengan infiltrasi air tanah, yang didalamnya ada proses pengikatan, penyaringan dan penurunan bakteri. (Budinetto dkk., 2012)

Berdasarkan uraian diatas, tujuan utama dari penelitian ini adalah membuat desain drainase berwawasan lingkungan atau ecodrain pada outlet pembangkit listrik sebagai pengendali debit aliran tinggi menggunakan kolam retensi.

## **2. Metode Penelitian**

Penelitian dilakukan pada sebagian area saluran drainase di kawasan Jalan Salatiga, Kelurahan Sumbersari, Kota Malang, karena sering terjadi luapan air dari saluran drainase yang menyebabkan terjadinya genangan di permukaan tanah. Panjang saluran mencapai 50 meter lebih, dimana hulu berada di barat dan hilir di timur. Bagian dari saluran drainase yang diamati mempunyai bentuk penampang yang relatif lurus dan tidak ada aliran air yang memutar. Debit air di saluran drainase diukur sesuai dengan ketentuan SNI mengenai tata cara pengukuran debit aliran sungai dan saluran terbuka menggunakan alat ukur arus dan pelampung. Pengukuran Debit dilakukan selama tiga bulan, dengan 26 kali pengulangan

pengamatan. Pengukuran penampang saluran dilakukan di dua titik yaitu di hulu dan hilir. Begitu pula untuk kedalaman aliran, diukur pada dua titik di hulu dan hilir. Pada masing-masing profil terdapat 3 titik yaitu pertama di 1/3 kiri lebar saluran (H1-1 ;H2-1), kedua di tengah saluran (H1-2;H2-2) dan ketiga di 1/3 kanan lebar saluran (H1-3;H2-3). Penempatan tiap titik diilustrasikan di Gambar 1. Pengukuran kecepatan aliran peneliti mengacu pada ketentuan SNI mengenai tata cara pengukuran debit aliran sungai dan saluran terbuka menggunakan alat ukur arus dan pelampung, dengan media apung menggunakan potongan kayu.



Gambar 1. Profil Melintang Saluran

Sumber : Hasil pengamatan di lokasi studi

### 3. Hasil dan Pembahasan

Penentuan desain kolam retensi dimulai dengan melakukan pengamatan debit yang mengalir pada saluran dan mengukur debit menggunakan persamaan umum debit yaitu :  $Q = A.v$ , dengan  $A$  adalah luas penampang basah ( $m^2$ ), dan  $v$  = kecepatan aliran (m/detik). Luas penampang basah dihitung dengan menggunakan data kedalaman aliran dan lebar saluran. Data kecepatan aliran dihitung dengan mengukur kecepatan langsung dilapangan menggunakan alat apung potongan kayu. Debit hasil perhitungan selanjutnya digunakan untuk merencanakan desain outlet PLTHM dengan mencari hubungan antara debit dan tinggi muka air.

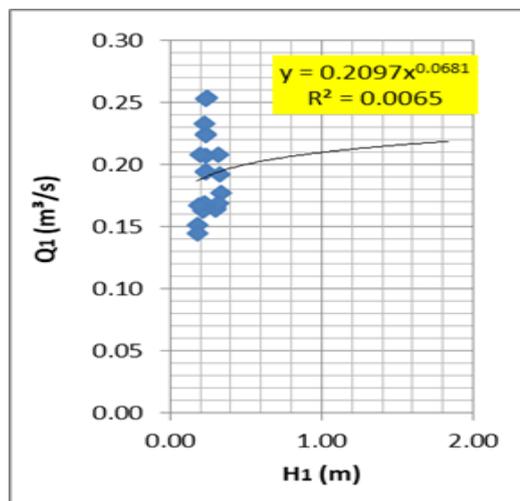
Hubungan tersebut dihitung berdasarkan hasil kajian dari beberapa literature. Supadi (2006) dalam penelitiannya mengenai model regresi rating curve stasiun AWLR Jurug antara tinggi muka air dan debit pada Sungai Bengawan Solo menyatakan, untuk mengetahui hubungan antara debit ( $Q$ ) dan tinggi muka air ( $H$ ), maka dibuat model matematika dalam bentuk regresi linier dengan tinggi muka air ( $H$ ) sebagai variabel tak bebas dan debit ( $Q$ ) sebagai variabel bebas. Sementara itu, menurut Sri Harto (2002), Liku kalibrasi (rating curve) adalah hubungan grafis antara tinggi muka air dengan debit. Dengan mengetahui hubungan antara debit dan tinggi muka air, dapat diketahui berapa besar debit aliran pada saat tinggi dengan menganalisis data yang sudah didapatkan. Dari data lapangan, diperoleh hasil perhitungan nilai debit dan tinggi muka air di bagian hulu ( $H1;Q1$ ), hilir ( $H2;Q2$ ) dan rata-rata ( $Hrata;Qrata$ ). Selanjutnya dibuat diagram rating curve yang menunjukkan hubungan antara debit dengan tinggi muka air pada masing-masing titik hulu, hilir dan rata-rata, yang ditunjukkan oleh gambar 2 sampai gambar 4.

Dari gambar 2 sampai 4, diperoleh nilai  $R^2$  atau koefisien determinasi untuk debit dan tinggi muka air pada hilir ( $H2;Q2$ ), menunjukkan hubungan yang kuat dengan nilai  $R^2 = 0,8464$ , sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai  $R^2$  menunjukkan kevalidan data hubungan debit dan tinggi muka air di titik hilir. Sementara itu, dibagian hulu ( $H1;Q1$ ), diperoleh nilai  $R^2$  sebesar 0,0065. Sehingga data di bagian hulu ( $H1;Q1$ ) menjadi tidak valid, hal ini disebabkan pada penempatan titik hulu ditemukan gerusan. Sebagaimana dinyatakan oleh Barokah dan Purwanto (2014) bahwa adanya bangunan air menyebabkan perubahan karakteristik aliran seperti kecepatan dan turbulensi sehingga menimbulkan perubahan transport sedimen dan terjadinya gerusan. Sedangkan gerusan (scouring) merupakan suatu

proses alamiah yang terjadi di sungai akibat pengaruh morfologi sungai, yang berbentuk tikungan atau penyempitan aliran sungai dan bisa juga karena adanya bangunan air (*hydraulic structure*).

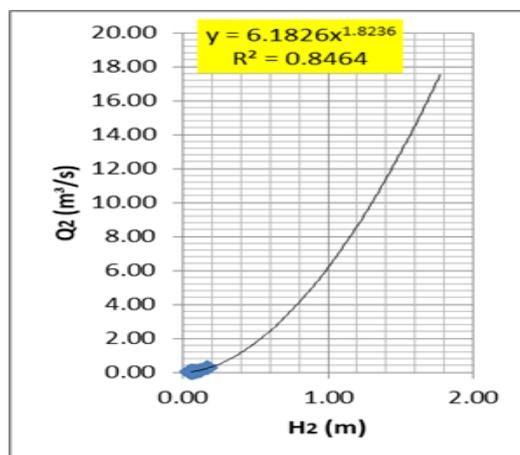
Langkah selanjutnya menentukan desain outlet mikrohidro yang direncanakan menggunakan konsep drainase berwawasan lingkungan atau ecodrain. Dalam perencanaan ini konsep ecodrain yang digunakan adalah kombinasi antara kolam retensi, bioretensi dan sumur resapan dengan luas lahan yang tersedia mempunyai ukuran 8 x 13 meter, diukur dari sisi saluran drainase.

Dari hasil perhitungan hubungan antara debit dan tinggi muka air didapat persamaan  $Q = 6,1826(h)^{1,8236}$ , dengan Q adalah debit dan (h) adalah tinggi muka air. Direncanakan (h) = 1,7 meter, karena tinggi saluran pada hulu sama dengan 1,7 meter dan pada saat debit tinggi air bisa meluap ke luar saluran drainase. Sehingga nilai Q yang diperoleh sebesar 16,27 m<sup>3</sup>/detik. Dengan Q saluran sebesar 16,27 m<sup>3</sup>/detik, maka diperoleh Q mikrohidro sebesar 1,3 m<sup>3</sup>/detik. Dari harga debit mikrohidro, selanjutnya direncanakan kolam retensi, bioretensi dan sumur resapan sebagaimana pada perhitungan dan gambar yang diuraikan dibawah ini.



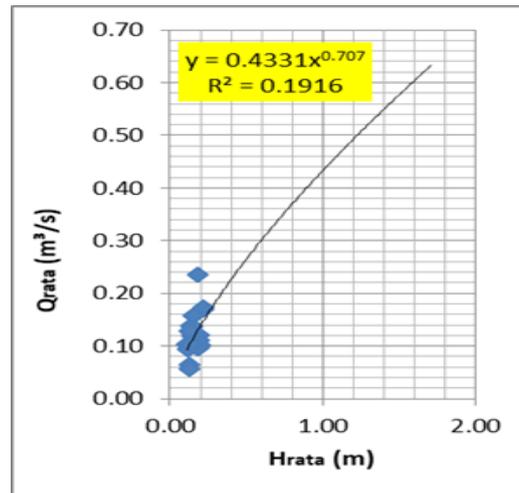
Gambar 2. Hubungan Debit dan Tinggi Muka Air pada Hulu

Sumber : Hasil Analisis



Gambar 3. Hubungan Debit dan Tinggi Muka Air pada Hilir

Sumber : Hasil Analisis



Gambar 4. Hubungan Debit dan Tinggi Muka Air Rata-rata

Sumber : Hasil Analisis

### Kolam Retensi

Kolam retensi direncanakan mengikuti bentuk lahan yang tersedia (Gambar 7). Diperoleh luas dasar kolam retensi ( $A_{kolam}$ ) sebesar  $60,74 \text{ m}^2$ . Kedalaman kolam retensi ( $H_{kolam}$ ) direncanakan mempunyai kedalaman 1 m. Sehingga diperoleh volume kolam retensi ( $V_{kolam}$ ) sebesar  $= 60,74 \text{ m}^3$ . Sedangkan waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi kapasitas kolam retensi adalah:

$$\begin{aligned} Q_{mikrohidro} &= 1,3 \text{ m}^3/\text{detik} \\ V_{kolam} &= 60,74 \text{ m}^3 \\ T_{kolam} &= V_{kolam} / Q_{mikrohidro} = 46,723 \text{ detik} \end{aligned}$$

### Sumur Resapan

Sumur resapan direncanakan di letakkan di dasar kolam retensi. Sumur resapan yang dipilih mempunyai dasar berbentuk lingkaran dengan diameter 1,5 m, konstruksi dinding terbuat dari batu bata tanpa diplester dan kedalaman sumur resapan ditentukan berdasarkan volume yang harus ditampung oleh sumur resapan. Sumur resapan direncanakan mempunyai kedalaman 7 m, sehingga diperoleh volume sumur resapan:  $V_{sumur} = \pi \cdot r^2 \cdot H_{sumur} = 3,14 \cdot 0,75^2 \cdot 7 = 12,364 \text{ m}^3$ . untuk  $V_{kolam} = 60,74 \text{ m}^3$ , maka jumlah sumur resapan yang disediakan adalah:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Unit} &= V_{kolam} / V_{sumur} \\ &= 4,91 \rightarrow 5 \text{ buah sumur resapan} \end{aligned}$$

Debit yang mampu diresap oleh tanah pada sumur resapan ( $Q_0$ ) :

$$\begin{aligned} L_{porus} &= 5 \text{ m}; \quad H_{sumur} = 7 \text{ m}; \quad r = 0,75 \text{ m} \\ k &= 5 \cdot 10^{-3} \text{ cm/detik} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m/detik} \\ T_{kolam} &= 46,723 \text{ detik} \\ Q_0 &= 0,004896 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Volume air yang meresap ( $V_{rsp}$ ), jika waktu penuh kolam retensi adalah 46,723 detik :

$$V_{rsp} = Q_0 \cdot T = 0,228 \text{ m}^3$$

Kapasitas total sumur :

$$\begin{aligned} V_{total} &= (V_{sumur} + V_{rsp}) \cdot 5 \\ &= (12,364 + 0,228) \cdot 5 = 62,96 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Sehingga debit yang dapat tertampung oleh sumur resapan dalam waktu 46,723 detik adalah :

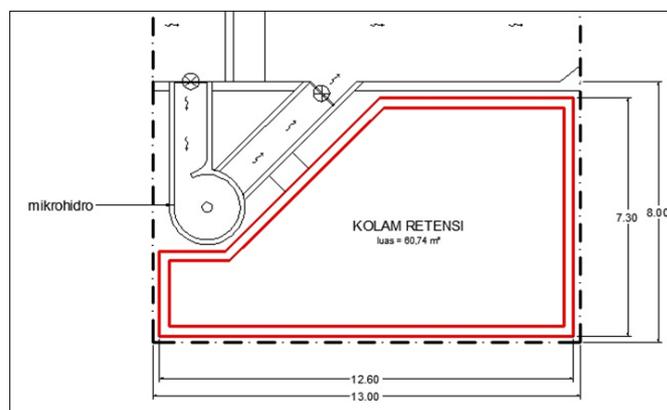
$$Q_{\text{sumur}} = V_{\text{total}} / T_{\text{kolam}} = 1,347 \text{ m}^3/\text{detik}.$$

### Bioretensi

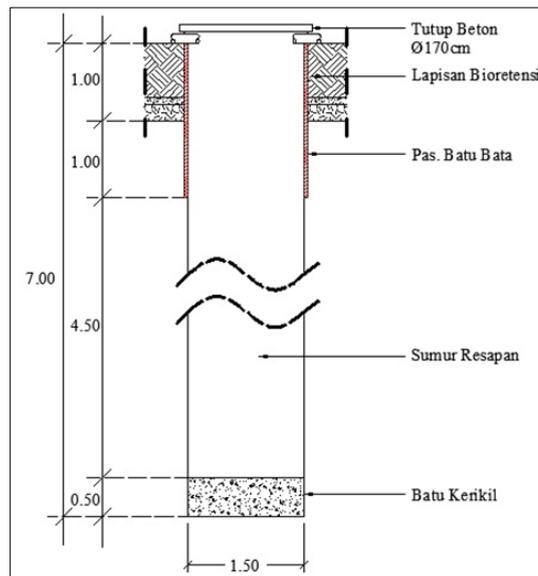
Bioretensi dimanfaatkan untuk meresapkan air yang tertampung di dalam kolam retensi. Dengan lapisan tanah yang mengandung banyak pasir sedalam 70 cm dan pada dasar lapisan terdapat pasir dan kerikil sedalam 30 cm. Dasar kolam bioretensi sebagian dimanfaatkan untuk sumur resapan, sehingga total laus kolam bioretensi adalah luas dasar kolam dikurangi luas permukaan total dari sumur resapan,  $A_{\text{bioretensi}} = A_{\text{kolam}} - A_{\text{sumur}} = 60,74 - 10,05 = 50,69 \text{ m}^2$ . Sedangkan volume air yang dapat diresap ( $V_{\text{rsp}}$ ) selama waktu,  $T = 46,723$  detik dan  $k = 5.10^{-5} \text{ m/detik}$  adalah:

$$\begin{aligned} V_{\text{rsp}} &= (T/24) \cdot A_{\text{bioretensi}} \cdot k \\ &= (46,723/24) \cdot 50,69 \cdot 5 \cdot 10^{-5} \\ &= 0,004934 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

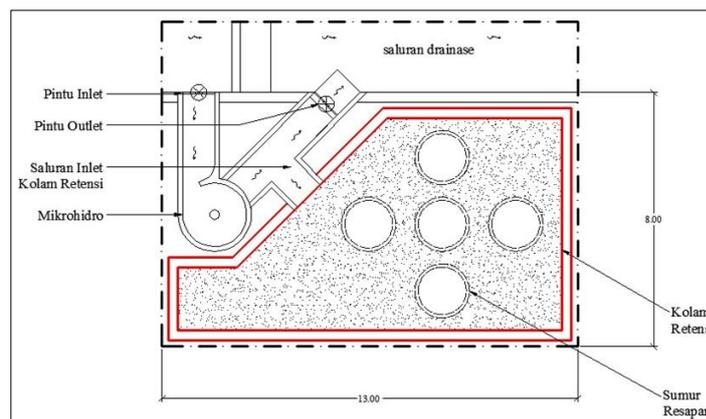
Sehingga diperoleh kapasitas total bioretensi yang dihitung berdasarkan kapasitas kolam retensi ditambah volume yang dapat diresap lapisan bioretensi,  $V_{\text{total}} = V_{\text{kolam}} + V_{\text{rsp}} = 50,692 + 0,004934 = 50,6969 \text{ m}^3$ . Jumlah debit yang mampu ditampung oleh kombinasi antara kolam retensi dan bioretensi adalah :  $Q_{\text{bioretensi}} = V_{\text{total}} / T_{\text{kolam}} = 50,6969 / 46,723 = 1,085 \text{ m}^3/\text{detik}$  dan total debit yang dapat ditampung adalah jumlah debit yang dapat diresap sumur resapan ditambah debit yang dapat diresap bioretensi, diperoleh:  $Q_{\text{total}} = Q_{\text{sumur}} + Q_{\text{bioretensi}} = 1,347 + 1,085 = 2,432 \text{ m}^3/\text{detik}$ . Berdasarkan hasil perhitungan ini menunjukkan, bahwa dengan jumlah debit yang berasal dari mikrohidro sebesar  $1,3 \text{ m}^3/\text{detik}$  dan total debit yang mampu ditampung desain ecodrain sebesar  $2,432 \text{ m}^3/\text{detik}$ , maka dapat ditarik suatu kesimpulan bahwa desain dapat digunakan karena debit yang diresap lebih besar daripada debit yang masuk.



Gambar 5. Tampak Atas Kolam Retensi  
Sumber : Hasil analisis



Gambar 6. Potongan Melintang Sumur Resapan  
Sumber : Hasil analisis



Gambar 7. Desain Outlet Mikrohidro  
Sumber : Hasil analisis

#### 4. Simpulan

Berdasarkan pengamatan dan perhitungan desain PLTMH di saluran drainase Jalan Salatiga, Kota Malang diperoleh hasil, berdasarkan metode logaritmik terdapat hubungan antara tinggi muka air dan debit yang kuat, dengan nilai  $R^2 = 0,8464$  dengan persamaan  $y = 6,1826x1.8236$ . Besar debit pada saat tinggi muka air mencapai 1,7 meter adalah  $16,27 \text{ m}^3/\text{detik}$ , dengan debit yang melimpah diatas bendung sebesar  $14,97 \text{ m}^3/\text{detik}$  dan debit yang masuk ke mikrohidro sebesar  $1,3 \text{ m}^3/\text{detik}$ .

Perencanaan desain outlet mikrohidro menggunakan prinsip *ecodrain* meliputi kolam Retensi, dengan bentuk mengikuti lahan yang tersedia dengan kedalaman 1 meter dan kapasitas  $60,74 \text{ m}^3$  akan terisi penuh dalam waktu 46,723 detik. Sumur Resapan, dengan bentuk penampang lingkaran mempunyai diameter 1,5 meter, kedalaman 7 meter. Jumlah sumur resapan 5 unit dengan total debit yang dapat diserap  $1,347 \text{ m}^3/\text{detik}$ . Bioretensi, dibuat dari material tanah berpasir sedalam 70 cm dan kerikil sedalam 30 cm, dengan debit resapan bioretensi sebesar  $1,085 \text{ m}^3/\text{detik}$ .

## 5. Daftar Pustaka

- Badan Standarisasi Nasional. 2015. "SNI 8066-2015 Tentang Tata Cara Pengukuran Debit Aliran Sungai dan Saluran Terbuka Menggunakan Alat Ukur Arus dan Pelampung". Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- Barokah, Ichsanul. dan Purwanto, Didik. 2014. "Pengaruh Variasi Debit Aliran terhadap Gerusan Maksimal di Bangunan Jembatan dengan Menggunakan Program HEC-RAS". Jurnal : INERSIA Vol. X, No. 2, Desember 2014.
- Budinetrio, Hermono S., Fatchan, A. Karim. dan Sahid, M. Nur. 2012. "Pengendalian Aliran Permukaan Akibat Perubahan Tata Guna Lahan Dengan Konsep Low Impact Development." Seminar Nasional Teknik Sipil UMS 2012.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum. 2010. "Tata Cara Pembuatan Kolam Retensi Dan Polder Dengan Saluran-saluran Utama". Jakarta : Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum.
- Harto, Sri, BR. 2000. "Analisa Hidrologi". Yogyakarta : Nafiri Offset.
- Kementerian Pekerjaan Umum. Tanpa Tahun. Lampiran Panduan Pengelolaan Drainase secara Terpadu Berwawasan Lingkungan (*Ecodrain*). Jakarta : Kementerian Pekerjaan Umum.
- Riadi, Muchlisin. 2016. "Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)", data diperoleh melalui situs internet: [www.kajianpustaka.com](http://www.kajianpustaka.com) . Diunduh pada tanggal 14 Mei 2019.