

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang dan masalah

Laboratorium lapang terpadu FP Unila sangat diperlukan untuk mendukung Visi Unila maupun Visi dan Misi Fakultas Pertanian Unila. Menurut Banuwa, Syam dan Wiharso (2011), laboratorium lapang terpadu FP Unila tersebut selain sebagai pendukung PBM (proses belajar mengajar) dan penelitian, juga dapat dijadikan sebagai etalase (*show window*). Keberadaan laboratorium lapang terpadu FP Unila ini diharapkan dapat membangun *image* baru pada bidang pertanian, khususnya bagi generasi muda, bahwa bidang pertanian tidak kalah dengan bidang yang lain, dapat menjadi profesi yang menarik, prospektif, dan terhormat.

Dari hasil penelitian sebelumnya, laboratorium lapang terpadu FP Unila mempunyai kelas lereng yang sangat beragam. Secara umum, lereng yang dominan adalah agak miring/bergelombang dengan lereng 8 – 15 % (65 % dari luas areal), kemudian diikuti oleh lereng landai/berombak (20% luas areal), datar (8% luas areal), agak curam (6% luas areal), dan satu persen sisanya berlereng curam (Banuwa, dkk., 2011).

Laboratorium lapang terpadu FP Unila, dengan luas lebih kurang 6,784 Ha terletak di kompleks kampus Universitas Lampung. Laboratorium ini, sesuai dengan peruntukannya, digunakan untuk melakukan berbagai penelitian yang berkaitan dengan ilmu pertanian. Dengan kontur dominan landai sampai bergelombang, serta curah hujan yang tinggi, maka potensi erosi diperkirakan juga cukup besar sehingga dikhawatirkan akan terjadi penurunan kesuburan tanah serta berkurangnya lapisan atas tanah (*top soil*), apabila tidak dikelola dengan baik.

Konservasi tanah bukan berarti penundaan atau pelarangan penggunaan tanah, tetapi menyesuaikan jenis penggunaannya dengan kemampuan tanah dan memberikan perlakuan sesuai dengan syarat-syarat yang diperlukan agar tanah berfungsi secara lestari. Setiap perlakuan yang diberikan pada sebidang tanah akan mempengaruhi tata air, sehingga usaha untuk mengkonservasi tanah juga merupakan konservasi air (Priyono dan Cahyono, 2004).

Konservasi tanah sekaligus juga melakukan konservasi air. Air yang berasal dari curah hujan (limpasan) maupun yang berasal dari air tanah harus dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin untuk berbagai pemanfaatan, baik untuk tanaman maupun untuk perikanan dan peternakan.

Berdasarkan hasil penelitian Putra (2014), debit air yang tersedia dan bisa ditampung didalam embung adalah sebesar 1,50 l/dt. Air limpasan ini ditampung didalam embung yang berukuran 25 X 25 m², dengan kedalaman 100 cm. Volume air yang bisa ditampung lebih kurang 625 m³.

Volume air tersebut dapat dimanfaatkan untuk mengairi kolam yang ada di sebelah hilir embung. Dengan mengatur besarnya volume aliran yang keluar dari embung untuk mengairi kolam, maka kebutuhan air untuk kolam bisa terpenuhi sepanjang tahun.

Pemanfaatan air embung untuk mengairi kolam ikan disebelah hilir, dapat dilakukan dengan sistem irigasi saluran terbuka atau sistem irigasi kolom. Kedua sistem ini memanfaatkan gaya gravitasi untuk mengalirkan air dari embung ke kolam kolam disebelah hilir.

Penggunaan sistem irigasi saluran terbuka hanya akan mengalirkan sebagian air dari dalam embung sampai ketinggian muka air mencapai dasar pintu air. Selanjutnya, maka sisa volume air yang ada, sudah tidak bisa mengalir lagi dan menunggu supply air agar muka air embung kembali naik.

Sistem irigasi kolom (saluran tertutup), dapat dipergunakan untuk selanjutnya memanfaatkan seluruh volume air di dalam embung, yang tidak bisa dialirkan melalui sistim irigasi saluran terbuka. Hal ini memungkinkan, karena mulut pipa (intake) ditempatkan pada posisi dasar embung.

Dengan latar belakang tersebut di atas, maka perlu dilakukan penelitian untuk mendapatkan ukuran diameter pipa yang paling tepat agar ketinggian muka air didalam embung tetap dipertahankan pada ketinggian tertentu, tetapi supply air irigasi ke kolam tetap terpenuhi, baik pada saat ketika ada supply air ke dalam embung, ataupun tidak ada supply.

B. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui ketersediaan air di dalam embung untuk dimanfaatkan mengisi air kolam disebelah hilir.
2. Mendapatkan diameter pipa yang tepat agar kontinuitas supply air kolam disebelah hilir tetap terjaga.
3. Mendapatkan kombinasi yang tepat, antara ketinggian pintu air saluran terbuka dengan diameter pipa saluran sistem irigasi kolom agar supply air irigasi tetap kontinu.

C. Hipotesis

Dengan dimensi saluran irigasi kolom pipa yang tepat, maka kontinuitas air irigasi untuk kolam dapat dipertahankan.

II. METODOLOGI

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Juni 2017 sampai dengan September 2017. bertempat di laboratoium lapang terpadu Fakultas Pertanian Universitas Lampung, Jalan Sumantri Brojonegoro No. 1 Gedung Meneng Bandar Lampung.

Lokasi penelitian ditentukan secara sengaja (*purposive*), mengingat laboratoium lapang terpadu Fakultas Pertanian Universitas Lampung merupakan tempat civitas akademika Unila melakukan berbagai penelitian, percobaan, praktik serta kegiatan lainnya yang berkaitan dengan pengembangan pendidikan dan pengabdian masyarakat.

B. Teknik Pengumpulan Data

Data sekunder dan data pendukung diperoleh dari hasil hasil penelitian sebelumnya serta dari pustaka yang tersedia.

Data primer seperti dimensi embung, dimensi kolam, beda elevasi antara embung dan kolam, akan dilakukan dengan pengukuran langsung di lokasi penelitian.

C. Analisis Data

Untuk memperoleh dimensi saluran tertutup (irigasi kolom), dilakukan dengan simulasi. Simulasi dilakukan dengan Software Microsoft Exel dan Unit Personal Computer.

III. TINJAUAN PUSTAKA

Bangunan dan saluran irigasi sudah dikenal orang sejak zaman sebelum Masehi. Hal ini dapat dibuktikan oleh peninggalan sejarah, baik sejarah nasional maupun sejarah dunia. Keberadaan bangunan tersebut disebabkan oleh adanya kenyataan bahwa sumber makanan nabati yang disediakan oleh alam sudah tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan manusia. Segi teknis dari persoalan pertanian ini menimbulkan permasalahan dari yang paling sederhana sampai yang paling sulit. Air tunduk pada hukum gravitasi, sehingga air dapat mengalir melalui saluran-saluran secara alamiah ke tempat yang lebih rendah. Untuk keperluan air irigasi, dengan cara yang paling sederhana pun telah dapat dicapai hasil yang cukup memadai. Kemajuan ilmu dan teknologi senantiasa memperluas batas-batas yang dapat dicapai dalam bidang keirigasian. Manusia mengembangkan ilmu alam, ilmu fisika dan juga hidrolika yang meliputi statika dan dinamika benda cair. Semua ini membuat pengetahuan tentang irigasi bertambah lengkap.

3.1. Tipe dan jenis irigasi

Dalam perkembangannya, irigasi dibagi menjadi 3 tipe, yaitu :

a. Irigasi Sistem Gravitasi Irigasi gravitasi merupakan sistem irigasi yang telah lama dikenal dan diterapkan dalam kegiatan usahatani. Dalam sistem irigasi ini, sumber air diambil dari air yang ada di permukaan bumi yaitu dari sungai, waduk dan danau

di dataran tinggi. Pengaturan dan pembagian air irigasi menuju ke petak-petak yang membutuhkan, dilakukan secara gravitatif.

b. Irigasi Sistem Pompa Sistem irigasi dengan pompa bisa dipertimbangkan, apabila pengambilan secara gravitatif ternyata tidak layak dari segi ekonomis maupun teknik.

Cara ini membutuhkan modal kecil, namun memerlukan biaya eksploitasi yang besar. Sumber air yang dapat dipompa untuk keperluan irigasi dapat diambil dari sungai, misalnya Setasiun Pompa Gambarsari dan Pesangrahan (sebelum ada Bendung Gerak Serayu), atau dari air tanah, seperti pompa air suplesi di 01 simo, Kabupaten Gunung Kidul, Yogyakarta.

c. Irigasi Pasang-surut Yang dimaksud dengan sistem irigasi pasang-surut adalah suatu tipe irigasi yang memanfaatkan pengempangan air sungai akibat peristiwa pasang-surut air laut. Areal yang direncanakan untuk tipe irigasi ini adalah areal yang mendapat pengaruh langsung dari peristiwa pasang-surut air laut. Untuk daerah Kalimantan misalnya, daerah ini bisa mencapai panjang 30 - 50 km memanjang pantai dan 10 - 15 km masuk ke darat. Air genangan yang berupa air tawar dari sungai akan menekan dan mencuci kandungan tanah sulfat masam dan akan dibuang pada saat air laut surut. Adapun klasifikasi jaringan irigasi bila ditinjau dari cara pengaturan, cara pengukuran aliran air dan fasilitasnya, dibedakan atas tiga tingkatan, yaitu

3.2 Jaringan Irigasi Sederhana

Di dalam jaringan irigasi sederhana, pembagian air tidak diukur atau diatur sehingga air lebih akan mengalir ke saluran pembuang. Persediaan air biasanya berlimpah dan kemiringan berkisar antara sedang dan curam. Oleh karena itu hampir-hampir tidak diperlukan teknik yang sulit untuk pembagian air. Jaringan irigasi ini walaupun mudah diorganisir namun memiliki kelemahan-kelemahan serius yakni :

1. Ada pemborosan air dan karena pada umumnya jaringan ini terletak di daerah yang tinggi, air yang terbuang tidak selalu dapat mencapai daerah rendah yang subur.
2. Terdapat banyak pengendapan yang memerlukan lebih banyak biaya dari penduduk karena tiap desa membuat jaringan dan pengambilan sendiri-sendiri.
3. Karena bangunan penangkap air bukan bangunan tetap/permanen, maka umurnya pendek.

b. Jaringan Irigasi Semi Teknis.

Pada jaringan irigasi semi teknis, bangunan bendungnya terletak di sungai lengkap dengan pintu pengambilan tanpa bangunan pengukur di bagian hilirnya. Beberapa bangunan permanen biasanya juga sudah dibangun di jaringan saluran. Sistem pembagian air biasanya serupa dengan jaringan sederhana. Bangunan pengambilan dipakai untuk melayani/mengairi daerah yang lebih luas dari pada daerah layanan jaringan sederhana.

c. Jaringan Irigasi Teknis Salah satu prinsip pada jaringan irigasi teknis adalah pemisahan antara saluran irigasi/pembawa dan saluran pembuang/pematus. Ini berarti bahwa baik saluran pembawa maupun saluran pembuang bekerja sesuai

dengan fungsinya masing-masing. Saluran pembawa mengalirkan air irigasi ke sawah-sawah dan saluran pembuang mengalirkan kelebihan air dari sawah-sawah ke saluran pembuang. Petak tersier menduduki fungsi sentral dalam jaringan irigasi teknis. Sebuah petak tersier terdiri dari sejumlah sawah dengan luas keseluruhan yang umumnya berkisar antara 50 - 100 ha kadang-kadang sampai 150 ha. Jaringan saluran tersier dan kuarter mengalirkan air ke sawah. Kelebihan air ditampung didalam suatu jaringan saluran pembuang tersier dan kuarter dan selanjutnya dialirkan ke jaringan pembuang sekunder dan kuarter.

Jaringan irigasi teknis yang didasarkan pada prinsip-prinsip di atas adalah cara pembagian air yang paling efisien dengan mempertimbangkan waktu-waktu merosotnya persediaan air serta kebutuhan petani. Jaringan irigasi teknis memungkinkan dilakukannya pengukuran aliran, pembagian air irigasi dan pembuangan air lebih secara efisien. Jika petak tersier hanya memperoleh air pada satu tempat saja dari jaringan utama, hal ini akan memerlukan jumlah bangunan yang lebih sedikit di saluran primer, eksploitasi yang lebih baik dan pemeliharaan yang lebih murah. Kesalahan dalam pengelolaan air di petak-petak tersier juga tidak akan mempengaruhi pembagian air di jaringan utama. .

Untuk mengalirkan dan membagi air irigasi, dikenal 4 cara utama, yaitu :

- a. Pemberian air irigasi lewat permukaan tanah, yaitu pemberian air irigasi melalui permukaan tanah.

b. Pemberian air irigasi melalui bawah permukaan tanah, yaitu pemberian air irigasi yang menggunakan pipa dengan sambungan terbuka atau berlubang, yang ditanam 30 - 100 cm di bawah permukaan tanah.

c. Pemberian air irigasi dengan pancaran, yaitu cara pemberian air irigasi dalam bentuk pancaran dari suatu pipa berlubang yang tetap atau berputar pada sumbu vertikal.

Air dialirkan ke dalam pipa dan areal diairi dengan cara pancaran seperti pemancaran pada waktu hujan. Alat pancar ini kadang-kadang diletakkan di atas kereta dan dapat dipindah-pindahkan sehingga dapat memberikan penyiraman yang merata. Pemberian air dengan cara pancaran untuk keperluan irigasi semacam ini, belum lazim digunakan di Indonesia.

d. Pemberian air dengan cara tetesan, yaitu pemberian air melalui pipa, di mana pada tempat-tempat tertentu diberi perlengkapan untuk jalan keluarnya air agar menetes pada tanah. Cara pemberian air irigasi semacam ini pun belum lazim di Indonesia. Cara pemberian air irigasi ini topografi, ketersediaan air, jenis pertimbangan lain, tergantung pada kondisi tanah, keadaan tanaman, iklim, kebiasaan petani dan Cara pemberian air irigasi yang termasuk dalam cara pemberian air lewat permukaan, dapat disebut antara lain : (a). Wild flooding : air digenangkan pada suatu daerah yang luas pada waktu banjir cukup tinggi sehingga daerah akan cukup sempurna dalam pembasahannya; cara ini hanya cocok apabila keadaan dan ketersediaan air cukup banyak. (b). Free flooding: daerah yang akan diairi dibagi dalam beberapa bagian/ petak; air dialirkan dari bagian yang tinggi ke bagian yang rendah. (c). Check

flooding : air dari tempat pengambilan (sumber air) dimasukkan ke dalam selokan, untuk kemudian dialirkan pada petak-petak yang kecil; keuntungan dari sistem ini adalah bahwa air tidak dialirkan pada daerah yang sudah diairi. (d). Border strip method : daerah pengairan dibagi-bagi dalam luas yang kecil dengan galengan berukuran 10 x 100 m² sampai 20 x 300 m²; air dialirkan ke dalam tiap petak melalui pintu-pintu. (e). Zig-zag method: daerah pengairan dibagi dalam sejumlah petak berbentuk jajaran atau persegi panjang; tiap petak dibagi lagi dengan bantuan galengan dan air akan mengalir melingkar sebelum meneapai lubang pengeluaran. Cara ini menjadi dasar dari pengenalan perkembangan teknik dan peralatan irigasi. (f). Bazin method : cara ini biasa digunakan di perkebunan buah-buahan. Tiap bazin dibangun mengelilingi tiap pohon dan air dimasukkan ke dalamnya melalui selokan lapangan seperti pada efek *flooding*.

3.3 Aliran air dalam pipa

Kecepatan air dalam tergantung kepada *head* (beda tinggi) antara reservoir dan *outlet*. Semakin besar *head* maka kecepatan akan semakin besar. Untuk menghitung kecepatan aliran, digunakan rumus sebagai berikut:

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \dots\dots\dots (1)$$

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

$$A = \pi r^2 \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

‘v = kecepatan aliran (m/detik)

‘g = gaya gravitasi = 10 (m/detik²)

'h = head (m)

Q = debit aliran (m³/detik)

A = luas penampang pipa (m²)

' π = 3,148128

'r = jari-jari pipa (m)

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Dimensi Reservoir (kolam).

Hasil pengukuran langsung, yang dilakukan pada tanggal 30 Oktober 2017 adalah sebagai berikut :

Reservoir (kolam) :

Panjang reservoir rata rata (cm) : 1640,0

Lebar reservoir rata rata (cm) : 1210,0

Kedalaman rata rata (cm) : 168,0

Tinggi mercu limpasan (cm) : 16,0

Saluran :

Elevasi pipa sadap (cm) : -152,0

Bench Mark (elevasi muka spillway) : 0,0

Pipa utama

Panjang : 660,0 cm

Elevasi ; - 144,0 cm

Diameter : 7,5 cm (3 inch)

Pipa sekunder

Panjang : 950,0 cm

Elevasi ; - 140,0 cm

Diameter : 5,0 cm (2 inch)

Pipa outlet 1

Panjang ; 200,0 cm

Elevasi : -117,0 cm

Diameter : 3,12 cm (1,25 inch)

Pipa outlet 2 s/d 12

Panjang ; 70,0 cm

Elevasi : - 54,0 cm

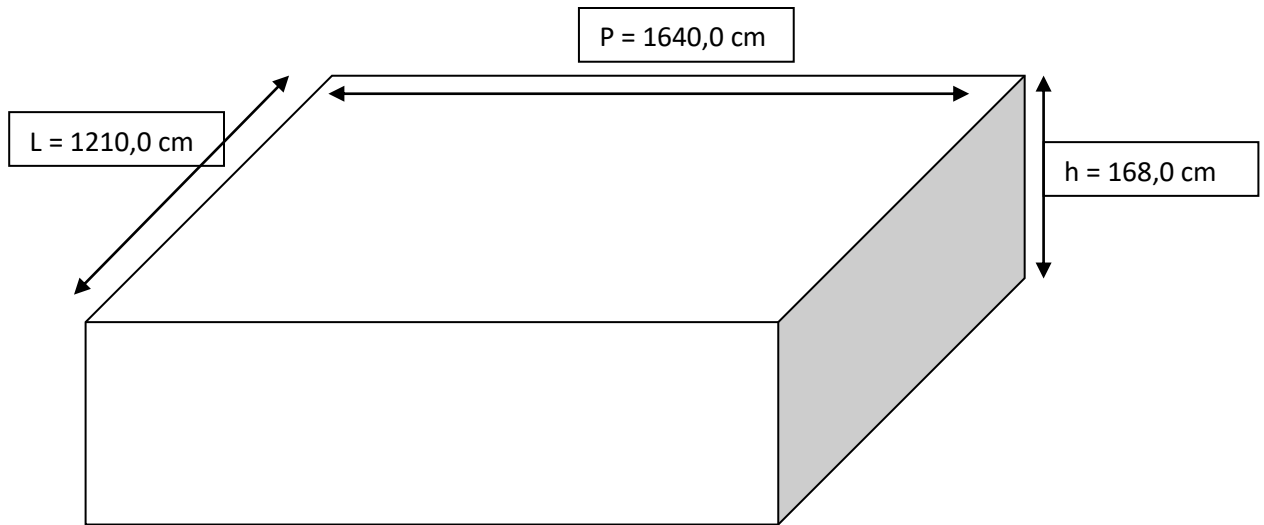
Diameter : 3,12 cm (1,25 inch)

Dari pipa utama ke pipa sekunder menggunakan *oversock 3 to 2 inch*

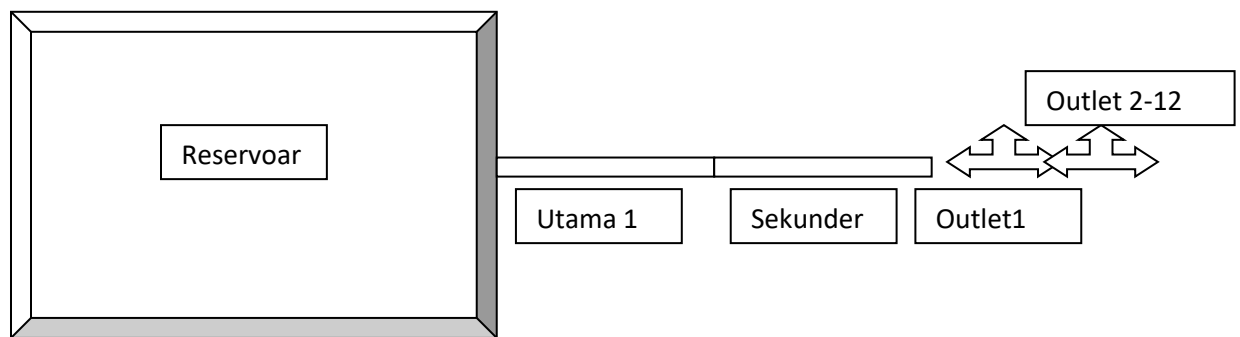
Gambar skematik reservoir disajikan pada Gambar 1, sedangkan diagram tulang ikan pipa disajikan pada Gambar 2.

Pada saat pengukuran, kondisi air di dalam reservoir hanya sebagian yang terisi. Elevasi muka air terukur adalah -26,0 cm. (26 cm di bawah mercu *spillway*), sehingga tidak ada aliran yang melewati mercu.

Debit Inflow : 1,5 liter/det



Gambar 1. Gambar skematik reservoir Lab Lapang terpadu FP Unila



Gambar 2. Diagram aliran air melalui pipa outlet-1 sampai outlet-12.

Dari hasil pengukuran di atas, maka dapat diketahui bahwa volume maksimum air yang bias ditampung didalam reservoir adalah :

$$1.640 \times 1.210 \times 168 \text{ cm}^3 = 333,379 \text{ m}^3 (333.379 \text{ liter})$$

Volume reservoir pada elevasi 0 (Bench Mark) :

$$1.640 \text{ cm} \times 1.210 \text{ cm} \times 152 \text{ cm} = 301,619 \text{ m}^3 \text{ (301.619 liter)}$$

Volume yang bisa di sadap (di alirkan melalui outlet 1)

$$1.640 \text{ cm} \times 1.210 \text{ cm} \times 117 \text{ cm} = 232,175 \text{ m}^3 \text{ (232.175 liter)}$$

Volume yang bisa di sadap (di alirkan melalui outlet 2)

$$1.640 \text{ cm} \times 1.210 \text{ cm} \times 54 \text{ cm} = 107,158 \text{ m}^3 \text{ (107.158 liter)}$$

4.2. Hasil Simulasi untuk *Outlet 1*

Kondisi existing :

Debit Inflow : 1,5 liter/det atau 540 liter/jam.

Elevasi awal = - 117 cm

Beda elevasi (h) = 117 cm

Diameter pipa outlet : 1,25 inch (3,12 cm)

Jari jari : 1,56 cm

Kecepatan awal aliran = 483,74 cm/det

Luas penampang pipa outlet = 7,91 cm²

Debit aliran = 3,83 liter/det

$$= 229,68 \text{ liter/menit}$$

Debit akan semakin kecil dengan menurunnya muka air atau beda elevasi semakin kecil.

Hasil simulasi disajikan pada Tabel Lampiran 1.

Dengan menggunakan pipa berukuran 1,25 inch, maka air hanya mampu untuk mengalir selama 34 jam. Setelah 34 jam, maka debit aliran air akan sama atau lebih kecil dengan debit inflow (540 liter per jam).

Hubungan antara diameter pipa outlet-1 dengan waktu aliran, seperti disajikan pada gambar 3.

Dari hasil simulasi diperoleh persamaan :

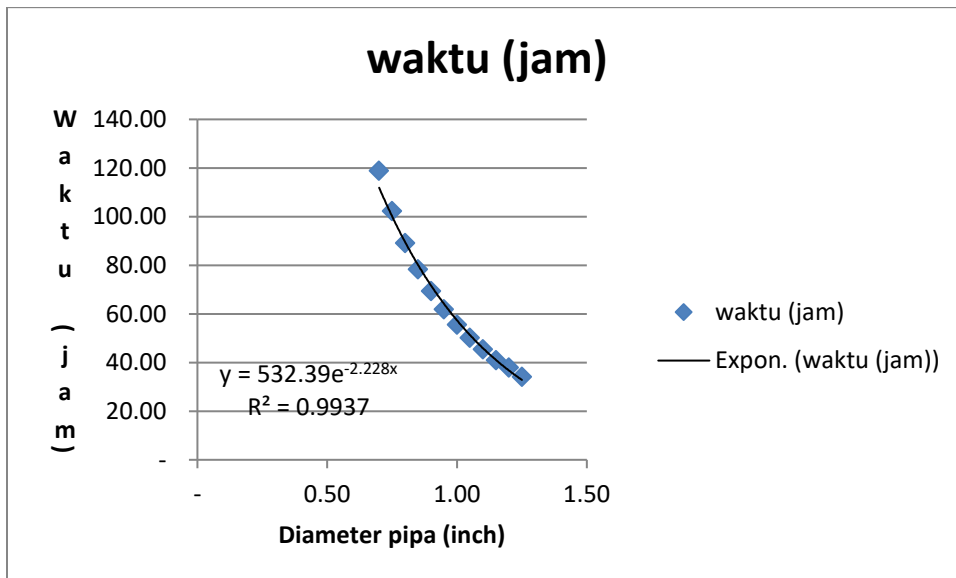
$$Y = 532,3 e^{-2.222X}$$

Dimana

Y = waktu aliran (jam)

X = diameter pipa outlet-1 (inch)

$$R^2 = 0,993$$



Gambar 3. Hubungan antara diameter pipa outlet-1 (inch) dengan waktu pengaliran (jam)

Waktu aliran yang dimaksud adalah waktu yang diperlukan untuk mencapai debit *outflow* lebih kecil atau sama dengan debit *inflow* pada pipa outlet-1, dengan elevasi -117 cm (117 cm di bawah mercu reservoir).

Tabel 1. Hubungan antara diameter pipa outlet-1 dengan waktu aliran.

no	diameter pipa (inch)	waktu (jam)
1	1,25	34,20
2	1,20	38,00
3	1,15	41,00
4	1,10	45,50
5	1,05	50,18
6	1,00	55,58
7	0,95	61,91
8	0,90	69,40
9	0,85	78,33
10	0,80	89,15
11	0,75	102,40
12	0,70	118,90

Sumber : Hasil simulasi data real outlet-1.

4.3. Hasil Simulasi untuk *Outlet 2*

Kondisi existing :

Debit Inflow : 1,5 liter/det atau 540 liter/jam.

Elevasi awal = - 54 cm

Beda elevasi (h) = 54 cm

Diameter pipa outlet : 1,25 inch (3,12 cm)

Jari jari : 1,56 cm

Kecepatan awal aliran = 328,63 cm/det

Luas penampang pipa outlet = 7,91 cm²

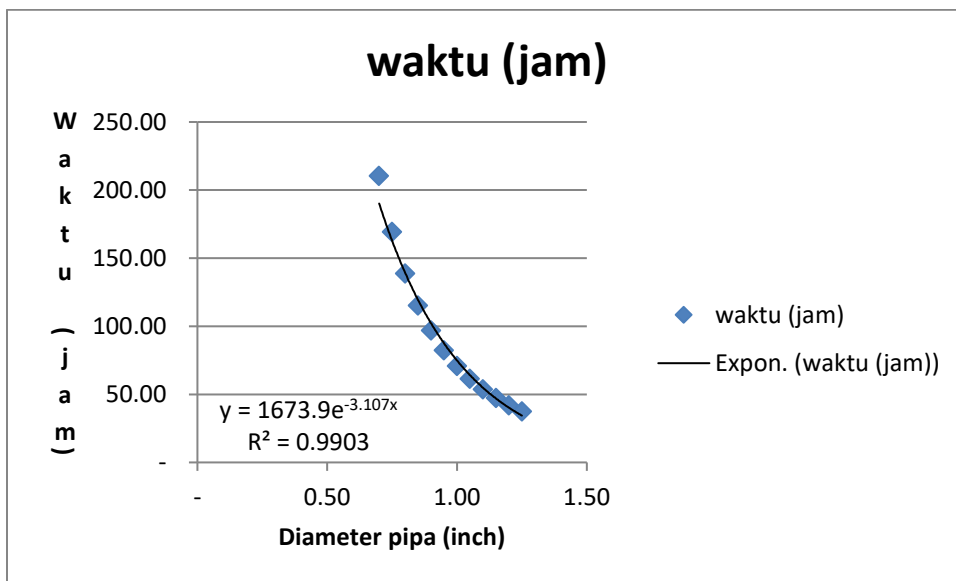
Debit aliran = 2,60 liter/det

= 156,03 liter/menit

Tabel 2. Hubungan antara diameter pipa outlet-2, dengan waktu aliran.

no	Diameter pipa (inch)	Waktu aliran (jam)
1	1,25	37,33
2	1,20	42,00
3	1,15	47,33
4	1,10	53,67
5	1,05	61,33
6	1,00	70,83
7	0,95	82,33
8	0,90	96,83
9	0,85	115,16
10	0,80	138,67
11	0,75	169,33
12	0,70	210,50

Sumber : Hasil simulasi data real outlet-2.



Gambar 4. Hubungan antara diameter pipa outlet-2 dengan waktu aliran.

Dengan menggunakan pipa berukuran 1,25 inch, maka air hanya mampu untuk mengalir selama 37,33 jam. Setelah 37,33 jam, maka debit aliran air akan sama atau lebih kecil dengan debit inflow (540 liter per jam).

Hubungan antara diameter pipa outlet-2 dengan waktu aliran, seperti disajikan pada gambar 4.

Dari hasil simulasi diperoleh persamaan :

$$Y = 1673 e^{-3.10 X}$$

Dimana :

Y = waktu aliran (jam)

X = diameter pipa outlet-2 (inch)

$$R^2 = 0,990$$

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Dengan kondisi eksisting, maka waktu aliran untuk *Outlet-1* adalah 34 jam. Setelah itu maka debit aliran akan menjadi lebih kecil atau sama dengan debit *inflow*.
2. Waktu aliran untuk *Outlet-2* sampai dengan *Outlet-12* adalah 37 jam, dan selanjutnya akan menjadi sama dengan atau lebih kecil dari debit *Inflow*.
3. Diameter pipa *outlet-1* dengan persamaan; $Y = 532,3 e^{(-2,222X)}$
4. Diameter pipa *outlet-2* sampai dengan outlet-12, diperoleh persamaa : $Y = 1673 e^{(-3,10 X)}$

5.2 Saran

1. Untuk *outlet-1* disarankan untuk menggunakan pipa diameter 0,5 inch sehingga waktu aliran akan menjadi 7 hari (175 jam).
2. Untuk *outlet 2 s/d outlet-12* disarankan untuk menggunakan pipa 0,75 inch, dengan waktu aliran menjadi 6,82 hari (163 jam).

DAFTAR PUSTAKA

Arsyad, S. 2010. Konservasi Tanah dan Air. Serial Pustaka IPB Press. Bogor.

Banuwa, I.S. 2013. Erosi. Penerbit Kencana. Jakarta. 205 Hal.

Priyono, C.N.S. dan S.A. Cahyono. 2004. Teknologi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai: Cakupan, permasalahan dan Upaya penerapan. Prosiding Seminar Multifungsi pertanian dan Konservasi Sumberdaya lahan. ISBN 979-9474-34-5. Bogor.

Putra, A.H. Dinamika Aliran permukaan dan Evaluasi Karbon tersimpan dalam tanah di Lab. Lapang Terpadu FP. Unila. Skripsi. Jurusan Teknik Pertanian Unila.

Sidharta, S.K. 1997. Irigasi dan Bangunan Air. Penerbit Universitas Gunadarma. Jakarta. ISBN 979-8382-46-3.

<https://www.slideshare.net/cahpati138/aliran-fluidapadaalurantertutuppipa>, diakses pada tanggal 29 mei 2017 pukul 01:25 WIB.