



Evaluasi Kinerja Sistem Drainase Pada Wilayah Kelurahan Medokan Ayu Kota Surabaya¹

Evaluation of Drainage System Performance at Medokan Ayu District Surabaya City

Usaamah Hadi^a, Entin Hidayah^{b, 2}, Gusfan Halik^a

^a Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37 Jember

^b Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37 Jember

ABSTRACT

The problem of flood inundation in the Kebon Agung River at the Medokan Ayu Village, Rungkut District Surabaya, is getting worse due to the conditions of topographic, soil properties, high rainfalls, rising sea tides and very significant changes in land use. The eastern part of Surabaya, which was formerly open space land and now developed into a residential area. Therefore in the area, there is often flood inundation when the rainy season due to lack of recharge areas and poor drainage facilities. The performance evaluation of the drainage system was carried out using the SWMM program that is combining hydrology and hydraulic analysis. Hydrology analysis is used to determine various rainfall return periods. The maximum rainfall data are collected for 18 years. The hydraulic analysis is used to obtain the data in the form of cross-section, roughness, and drainage channel capacity. The results of the evaluation of drainage system modeling with SWMM have obtained the inundation points, namely for channels K3-K4-K5- K6-K7-K8 on the right side and Ki2-Ki3-Ki4-Ki5 on the left side.

Keywords: SWMM, Flood, Inundation, Drainage System

ABSTRAK

Pemasalahan genangan banjir di Kali Kebon Agung di Kelurahan Medokan Ayu Kecamatan Rungkut Surabaya menjadi semakin parah karena kondisi topografi, sifat tanah, tingginya intensitas hujan, meningkatnya pasang surut air laut dan perubahan tata guna lahan yang sangat signifikan. Wilayah Surabaya bagian timur yang semula lahan terbuka kini berkembang menjadi daerah perumahan. Oleh sebab itu di wilayah tersebut sering terjadi genangan banjir saat musim hujan dikarenakan kurangnya daerah resapan dan fasilitas drainase yang kurang baik. Evaluasi kinerja sistem drainase pada wilayah tersebut dilakukan dengan menggunakan pemodelan SWMM yang megabungkan pemodelan hidrologi dan hirdolika. Analisis hidrologi digunakan untuk menentukan berbagai kala ulang hujan. Data curah hujan maksimum digunakan selama 18 tahun. Analisis hidrolika digunakan untuk memperoleh data berupa penampang, kekasaran, dan kapasitas saluran drainase. Hasil running SWMM didapatkan titik titik lokasi genangan pada saluran K3-K4-K5-K6-K7-K8 pada sisi kanan dan Ki2-Ki3-Ki4-Ki5 pada sisi kiri.

Kata kunci: SWMM, banjir, genangan, sistem drainase

¹ Info artikel: Received 7 Januari 2019, Received in revised from 29 Januari 2019, Accepted 24 Februari 2019

² Corresponding author: entin.teknik@unej.ac.id (E. Hidayah)

PENDAHULUAN

Laju urbanisasi yang cepat menyebabkan keterbatasan antara kebutuhan perumahan terhadap ketersediaan lahan dan penyediaan infrastruktur, terutama penataan aliran air. Keterbatasan dan perluasan lahan yang berlebihan menyebabkan berbagai masalah yang terjadi di kota-kota seperti banjir (Gunawan, 2010). Hal tersebut dikarenakan berkurangnya fungsi lahan penyimpan air dan sistem drainase yang kurang memadai. Salah satunya seperti yang terjadi di Surabaya Timur daerah Medokan Ayu. Oleh karena itu saluran drainase berperan penting dalam pengelolaan sistem drainase sehingga permasalahan-permasalahan seperti banjir dapat diminimalkan.

Surabaya Timur tepatnya di wilayah aliran Kali Kebon Agung tepatnya di Kelurahan Medokan Ayu Kecamatan Rungkut Surabaya seringkali digenangi dengan air luapan ketika musim penghujan tiba sehingga menghambat aktivitas warga sekitar dan sangat merugikan. Kawasan yang tergenang dari tahun ke tahun semakin meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa kapasitas saluran saat ini sudah tidak mampu lagi mengalirkan air limpasan yang semakin besar tiap tahunnya sehingga diperlukan evaluasi mengenai sistem drainase di wilayah tersebut.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Evaluasi sistem drainase dilakukan pada aliran Kali Kebon Agung yang terletak di Jl. Raya Medokan Sawah, Kelurahan Medokan Ayu, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya, Provinsi Jawa Timur yang bergaris merah.



Gambar 1 Lokasi penelitian

Tahapan Dalam Penelitian

Pengelolaan data hujan

Data yang didapat dari Dinas Pengairan Jagir Kota Surabaya sudah berupa data hujan harian maksimum. Data hujan tersebut dilakukan uji konsistensi dan abnormalitasnya. Sehingga data curah hujan dapat digunakan untuk perhitungan analisis frekuensi hujan.

Analisis frekuensi hujan

Menurut Suripin (2004:32) “tujuan analisis frekuensi data hidrologi adalah berkaitan dengan besaran peristiwa-peristiwa ekstrim yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi kemungkinan”. Analisis frekuensi ini didasarkan pada sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan di masa yang akan datang.

Berikut perhitungan statistik yang digunakan untuk analisis frekuensi hujan :

1. Harga rata-rata data hujan

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (1)$$

2. Standar Deviasi :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2)$$

3. Koefisien Skewness (Koefisien Kepencengan)

Kepencengan (skewness) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidak simetrisan dari suatu bentuk distribusi. Koefisien skema dinyatakan dalam persamaan bentuk (Soewarno, 1995:29):

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (3)$$

4. Koefisien Kurtosis

Pengukuran kurtosis dimaksud untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal. Koefisien skema dinyatakan dalam persamaan bentuk (Soewarno, 1995:29) :

$$Ck = \frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{S^4} \quad (4)$$

5. Koefisien Variasi

Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata-rata hitung suatu distribusi. Koefisien skema dinyatakan dalam persamaan bentuk (Soewarno, 1995:29)

$$Cv = \frac{S}{X} \quad (5)$$

dengan n = jumlah data, X = nilai data

Analisis distribusi curah hujan

Analisa distribusi curah hujan rencana ini ditunjukkan untuk mengetahui besarnya curah hujan harian maksimum dalam periode ulang tertentu. Metode yang digunakan untuk perhitungan curah hujan rencana ini adalah Metode Gumbel, Metode Normal, Metode Log Normal dan Metode Log Person III (Hidayah, 2015).

Uji kecocokan periode ulang hujan

Uji kecocokan yang digunakan dalam penentuan periode ulang hujan menggunakan 2 cara yaitu uji Chi-kuadrat dan uji Smirnov-Kolmogorov.

1. Uji Chi-Kuadrat

Rumus yang digunakan dalam perhitungan dengan Metode Uji Chi-Kuadrat adalah sebagai berikut :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{O_f - E_f}{E_f} \quad (6)$$

dengan χ^2 = Parameter chi-kuadrat terhitung, n = Jumlah data hujan, O_f = Jumlah nilai pengamatan data hujan, nilai pengamatan data hujan, E_f = Jumlah nilai teoritis data hujan

2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Pengujian distribusi probabilitas dengan metode Smirnov-Kolmogorov dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Mengurutkan data hujan (X_i) dari yang besar ke kecil atau sebaliknya
- b. Menentukan peluang empiris masing-masing data hujan yang sudah diurut dengan rumus
- c. Menentukan peluang teoritis masing-masing data hujan yang sudah diurut berdasarkan persamaan distribusi probabilitas yang dipilih
- d. Menghitung selisih (ΔP_i) antara peluang empiris dan teoritis untuk setiap data hujan yang sudah diurut

Menentukan apakah $\Delta P_i < \Delta P$ kritis, jika “tidak” artinya distribusi probabilitas yang dipilih tidak dapat diterima, demikian sebaliknya

Menghitung sebaran intensitas hujan jam-jaman

Mengingat data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan persamaan Mononobe (Suripin, 2004:67) :

$$It = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (7)$$

dengan It = Intensitas hujan untuk lama hujan t (mm/jam), t_c = Waktu konsentrasi (jam), R_{24} = Curah hujan maksimum selama 24 jam (mm).

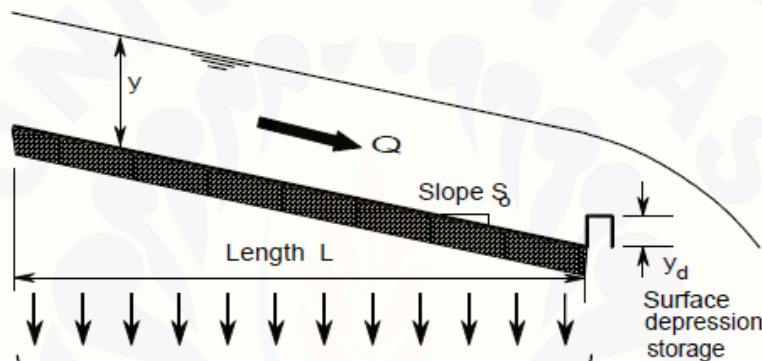
Pemodelan hujan aliran dengan SWMM

Berdasarkan user manual algoritma perhitungan ranoff dihasilkan hidrograf dari luasan tangkapan hujan. Modul ini digunakan untuk perhitungan curah hujan pada aliran permukaan, dapat dilihat pada gambar 2. Input data berupa intensitas hujan yang mengalirkan debit pada aliran permukaan saluran. Output debit ini merupakan kombinasi dari limpasan, Q dan infiltrasi, L sebagai berikut :

$$Q = B \frac{C_M}{n} S^{\frac{1}{2}} (y - y_d)^{\frac{5}{3}} \tag{8}$$

$$iL = \left(fL + \frac{Q}{B} \right) + L \frac{\Delta y}{\Delta t} \tag{9}$$

dengan Q = debit, L = panjang pengaliran, B = luas saluran, n = kekasaran saluran, y = tinggi muka air, y_d = tinggi air konstan, C_m = kededapan tanah.



Gambar 2. Sekema perhitungan

Perhitungan infiltrasi menggunakan persamaan Horton.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hujan

Data hujan yang didapat pada Stasiun Hujan Wonorejo dari tahun 2000 sampai tahun 2017 menunjukkan tinggi hujan terbesar pada tanggal 2 Maret 2001 sebesar 200 mm, sedangkan curah hujan terendah pada tanggal 20 November 2008 sebesar 68 mm. Data curah hujan selama 18 tahun dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Data curah hujan

No	Tanggal	Bulan	Tahun	R (mm)
1	23	Maret	2000	115
2	2	Maret	2001	200
3	30	Januari	2002	115
4	10	Maret	2003	76
5	6	Januari	2004	85

No	Tanggal	Bulan	Tahun	R (mm)
6	15	Desember	2005	90
7	4	Januari	2006	153
8	26	Desember	2007	71
9	20	November	2008	68
10	9	Januari	2009	98
11	3	Desember	2010	98
12	9	November	2011	94
13	30	Januari	2012	95
14	27	Januari	2013	76
15	6	Desember	2014	100
16	12	Februari	2015	109
17	21	Mei	2016	121
18	24	November	2017	122

Perhitungan Frekuensi Hujan

Berdasarkan data hujan pada tabel 1, nilai statistiknya diperoleh secara berturut-turut dengan nilai rerata, Nilai standar deviasi, Cs dan Ck sebesar 104,78, 31,87, 1,71, dan 3,91. Hasil pengujian distribusi probabilitas hujan pada daerah pematasan Wonorejo memiliki hujan rancangan untuk masing-masing distribusi seperti tabel 2.

Tabel 2 Hujan rancangan di pematasan Wonorejo

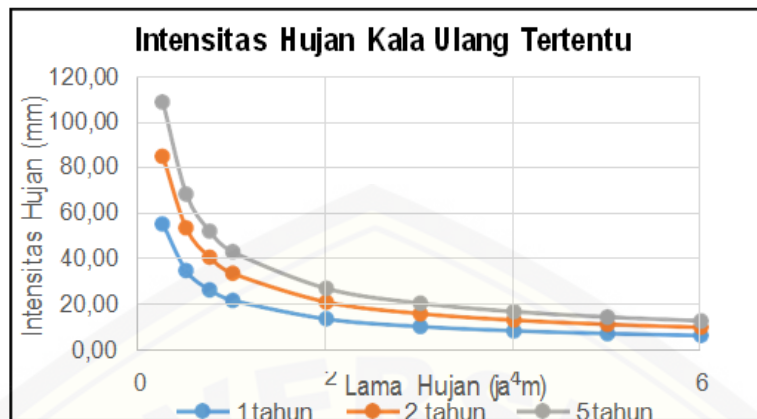
P(x >= Xm) Probabilitas	T Kala Ulang	Karakteristik Debit (m ³ /dt) Menurut Probabilitasnya							
		NORMAL		LOG-NORMAL		GUMBEL		LOG-PEARSON III	
		XT	KT	XT	KT	XT	KT	XT	KT
0.99	1.	30.52	-2.33	53.77	-1.60	52.43	-1.64	63.46	-1.72
0.5	2.	104.78	0.00	100.98	-0.12	99.54	-0.16	97.32	-0.14
0.2	5.	131.60	0.84	126.79	0.69	127.71	0.72	124.47	0.77
0.1	10.	145.62	1.28	142.81	1.19	146.35	1.30	144.83	1.33
0.05	20.	157.20	1.64	157.55	1.66	164.24	1.87	166.24	1.84

Pengujian distribusi probabilitas hujan rancangan pada tabel 2 menggunakan dua metode Chi-Square dan metode Smirnov-Kolmogorov. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode distribusi Log-Pearson III merupakan distribusi yang sesuai, karena nilai simpangan maksimalnya terkecil dan lebih kecil dari simpangan kritis.

Distribusi Hujan Jam-jaman

Hasil perhitungan persamaan Mononobe untuk distribusi hujan jam jaman pada periode ulang 1 tahun, 2 tahun dan 5 tahun dapat ditunjukkan pada gambar 2 Nilai hujan tertinggi

secara berturut turut untuk periode ulang 1, 2, dan 5 tahun sebesar 115,32 mm, 176,84 mm, dan 226,17 mm.



Gambar 2 Grafik *Intensity Duration Frequency (IDF)*

Pemodelan Banjir di Drainase Dengan SWMM

Pemodelan banjir dengan SWMM diawali dengan membuat skema sistim drainase terlebih dahulu seperti gambar 3.



Gambar 3 Skema sistem drainase pada Wonorejo

Gambar 3 menunjukkan bahwa aliran pada saluran drainase Jl. Raya Medokan Sawah ini dibagi menjadi 2 bagian, yaitu saluran kiri dan saluran kanan selain saluran tersebut terdapat saluran Pinggir. Ketiga sistem drainase tersebut bermuara pada saluran primer Kebon Agung. Daerah pematusan Medokan Ayu Selatan merupakan daerah pemukiman padat penduduk.

Dengan terbentuknya pemukiman baru menimbulkan elevasi tanah yang bervariasi. Berikut tabel 3. merupakan detail elevasi permukaan tanah

Tabel 3 Elevasi permukaan tanah

Junction Kanan	Elevasi (m)	Junction Kiri	Elevasi (m)	Junction Pinggir	Elevasi (m)
k1	1,38	Ki1	1,39	V1	1,18
k2	1,28	Ki2	1,20	V2	1,16
k3	1,23	Ki3	1,20	V3	1,14
k4	1,18	Ki4	1,16	V4	1,12
k5	1,12	Ki5	1,12	V5	1,12
k6	1,08	Ki6	1,20	V6	1,10
k7	1,01	Ki7	1,06	V7	1,04
k8	0,97	Ki8	0,99	V8	0,97
k9	0,95				
Outlet1	0,87	Outlet2	0,87	Outlet2	0,87

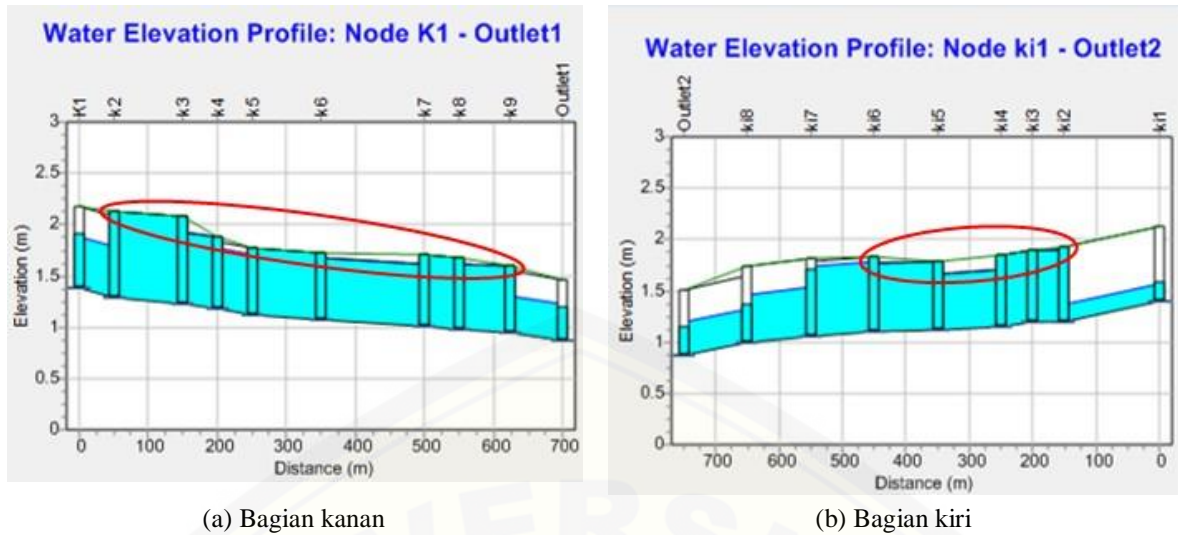
Kalibrasi SWMM

Kalibrasi model perlu untuk dilakukan guna memastikan ketepatan model. Kalibrasi ini diperlukan untuk mencocokkan tinggi muka air hasil pemodelan terhadap pengamatan di penampang saluran. Pengamatan tinggi muka air dilakukan di penampang K6 dan Ki4. pada tanggal 5 Maret 2018.

Hasil pengamatan pada tabel 4 menunjukkan bahwa saluran kanan pada K6 memiliki nilai tingkat kesalahan 0,19 dan saluran kiri pada Ki4 memiliki nilai tingkat kesalahan 0,20. Berdasarkan hasil kalibrasi parameter model dapat digunakan sebagai acuan pemodelan berikutnya.

Running Eksisting SWMM

Saluran eksisting terbuat dari pasangan batu kali dengan kemiringan saluran 0,003. Berdasarkan hasil running model untuk kala ulang 1 tahun, genangan banjir terjadi di beberapa lokasi yang ditandai dengan lingkaran merah pada gambar 4. Oleh karena itu kapasitas tampung saluran drainase pada Jl. Raya Medokan Sawah pada Tabel 5 menunjukkan sudah tidak mampu menampung volume yang dihasilkan karena tinggi muka air melebihi tinggi saluran. Jika dengan kala ulang 1 tahun sudah terjadi banjir maka kondisi ini sudah penting untuk dilakukan perencanaan ulang yang lebih baik.



(a) Bagian kanan

(b) Bagian kiri

Gambar 4 Hasil running saluran eksisting

Tabel 4 Dimensi saluran eksisting

Junction	Conduit	Tinggi saluran (m)	Lebar B (m)	Tinggi Muka Air Banjir (m)
k2	C2	0,85	0,5	1,87
k3	C3	0,7	0,6	1,22
k5	C5	0,65	0,47	1,44
k6	C6	0,6	0,48	0,98
k7	C7	0,7	0,4	1,21
k8	C8	0,65	1,4	1
ki2	Ci2	0,7	0,6	0,75
Ki3	Ci3	0,7	0,6	1
Ki4	Ci4	0,55	0,55	0,73
Ki5	Ci5	0,67	0,49	0,88
Ki6	Ci6	0,73	0,53	1,03

Tabel 5 menyatakan bahwa saluran pada bagian kanan K2-K3-K5-K6-K7-K8 (Gambar 4a), sedangkan kiri Ki2-Ki3-Ki4-Ki5-Ki6 (Gambar 4b) adalah akibat dimensi yang tidak sesuai dengan kebutuhan debit limpasan yang berakibat debit menjadi tertahan pada sistem jaringan.

Perencanaan Sistem Drainase

Perencanaan saluran ini dilakukan beberapa perubahan antara lain kemiringan saluran, lapisan dinding saluran serta dimensi saluran. Adapun rencana perubahan ini dimaksudkan untuk mempercepat aliran dan menambah kapasitas pada saluran drainase dengan cara memperkecil gaya gesek aliran, memperbesar kapasitas saluran, dan menambah kemiringan saluran dengan mempertahankan supaya tidak terjadi aliran kritis. Untuk memperkecil gaya gesek aliran, dinding saluran dipilih bahan dari beton berupa box

culvert dengan bentuk penampang saluran tegak. Kemiringan saluran direncanakan 0.004 pada saluran kanan dan saluran kiri.

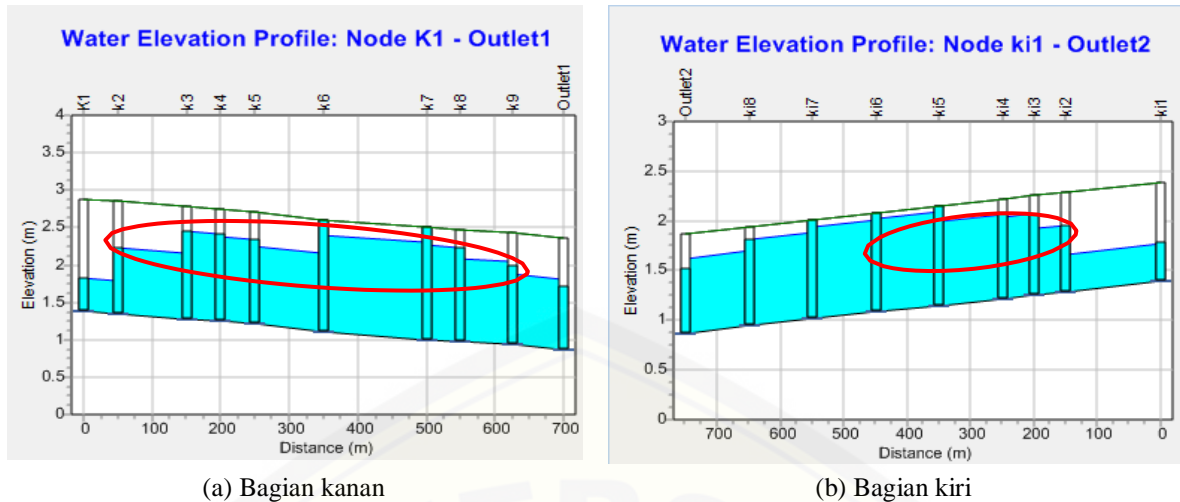
Tabel 5 Perubahan Elevasi Saluran Hasil Running

Junction Kanan	Eksisting (m)	Rencana (m)	Junction Kiri	Eksisting (m)	Rencana (m)
k1	1,38	1,38	Ki1	1,39	1,39
k2	1,29	1,35	Ki2	1,2	1,29
k3	1,23	1,28	Ki3	1,2	1,26
k4	1,18	1,25	Ki4	1,16	1,22
k5	1,12	1,21	Ki5	1,12	1,15
k6	1,08	1,11	Ki6	1,11	1,08
k7	1,01	1,00	Ki7	1,06	1,01
k8	0,97	0,97	Ki8	0,99	0,94
k9	0,95	0,93			
Outlet 1	0,86	0,86	Outlet 2	0,86	0,86

Tabel 6 Perubahan dimensi saluran hasil running

Junction	Eksisting		Bentuk Saluran Eksisting	Rencana		Bentuk Saluran Rencana
	H (m)	B (m)		H (m)	B (m)	
k2	0,85	0,5	RECT-OPEN	0,9	0,8	RECT-CLOSED
k3	0,7	0,6	RECT-CLOSED	0,9	0,8	RECT-CLOSED
k5	0,65	0,47	RECT-OPEN	0,9	0,8	RECT-CLOSED
k6	0,6	0,48	RECT-OPEN	0,9	0,8	RECT-CLOSED
k7	0,7	0,4	RECT-OPEN	0,9	0,8	RECT-CLOSED
k8	0,65	1,4	RECT-OPEN	0,9	0,8	RECT-CLOSED
Ki3	0,7	0,6	RECT-CLOSED	1,5	1	RECT-CLOSED
Ki4	0,55	0,55	RECT-OPEN	1,5	1	RECT-CLOSED
Ki5	0,67	0,49	RECT-OPEN	1,5	1	RECT-CLOSED
Ki6	0,73	0,53	RECT-CLOSED	1,5	1	RECT-CLOSED

Berdasarkan perubahan dimensi dan perubahan elevasi (tabel 6 dan tabel 7) untuk kala ulang hujan 5 tahun menunjukkan tidak terjadi luapan dan masih ada tinggi jagaan saluran setinggi 0,15m dengan kemiringannya 0,003 untuk saluran kanan dan 0,10m dengan kemiringannya 0,002 untuk saluran kiri. Hasil simulasi model untuk kala ulang 5 tahun ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Hasil Running Setelah Perubahan Dimensi a. Saluran Kanan b.Saluran Kiri

KESIMPULAN

Beberapa saluran eksisting sudah tidak mampu menampung debit limpasan untuk banjir kala ulang 1 tahun. Luapan air terjadi pada saluran K3-K4-K5-K6-K7-K8 pada sisi kanan dan Ki2-Ki3-Ki4-Ki5-Ki6 pada sisi kiri. Perencanaan ulang dilakukan dengan merubah dimensi dan kemiringan saluran yang semula berukuran rata-rata $0,7 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$ dengan elevasi di titik awal $1,38 \text{ m}$ dan di titik akhir $0,95 \text{ m}$ diubah menjadi $1,5 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ dengan elevasi di titik awal $1,38 \text{ m}$ dan di titik akhir $0,95 \text{ m}$ sisi bagian kanan dan $0,7 \text{ m} \times 0,6 \text{ m}$ dengan elevasi di titik awal $1,39 \text{ m}$ dan di titik akhir $0,99 \text{ m}$ diubah menjadi $0,9 \text{ m} \times 0,8 \text{ m}$ dengan elevasi di titik awal $1,39 \text{ m}$ dan di titik akhir $0,94 \text{ m}$ sisi bagian kiri.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Amin, Baitullah. (2009). *Diktat Drainase Perkotaan. Jurusan Teknik Sipil*, Palembang.
- Chow, V.T. (1997). *Hidrolika Saluran Terbuka*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2014). *Tata Cara Perencanaan Sistem Drainase Perkotaan*, Jakarta. Kementerian Pekerjaan Umum.
- Harto, S. (1993). *Analisis Hidrologi*, Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Hidayah, E. (2015). *Analisis Curah Hujan*, devezzfil.
- Kamiana, I.M. (2011). *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*, Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu.
- Soemarto, C.D. (1987). *Hidrologi Teknik*, Surabaya: Penerbit Usaha Nasional.
- Soewarno. (1995). *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data, Jilid I*, Bandung: Penerbit Nova.
- Sosrodarsono S., dan Kensaku T. (1987). *Hidrologi untuk Pengairan, edisi IV*. PT. Pradya Paramita, Jakarta.
- Subarkah, I. (1980). *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*. Bandung: Idea Dharma.
- Suripin, 2004, *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi
- Triatmojo, T. (2010). *Integrasi Tata Ruang Dan Tata Air Untuk Mengurangi Banjir Di Surabaya*.

Wesli. (2008). *Drainase Perkotaan*, Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu. “Urban Drainage Guidelines and Technical Design Standards” dan Keputusan Direktur Jenderal Cipta Karya No: 07/KPTS/ CK/ 1999 Tentang Petunjuk Teknis Perencanaan, Pembangunan dan Pengelolaan Bidang Ke-Plp-an Perkotaan dan Perdesaan.





Pengendalian Sedimentasi pada Saluran Irigasi Rayap Tersier II Patrang Kabupaten Jember¹

Sedimentation Management at Rayap Irrigation Channel Tersier II in Patrang Sub-District of Jember Regency

Putu Adetya Pariartha^a, Entin Hidayah^a, Wiwik Yunarni Widiarti^{a, 2}

^a Prdi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37 Jember

^b Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37 Jember

ABSTRACT

Rayap irrigation channel Tersier II is one of irrigation channel which has been supplying hydraulic flow to 31 hectares of ricefield area, and it is located at the Rayap irrigation sector – Renteng village, Patrang sub-district. In the last two years, this channel suffered from the landslide over the ridge on the left and the right bank. At the same time, those landslide materials covered the entire channel and causing a sediment accumulation, which always influences harmly toward the hydraulic process in the site of irrigation. As the point of consideration, this irrigation problem must be conducted a deep and holistic analysis in predicting the amount of sediment in the form of prevention mechanism for the sake of the operational irrigation sector. The research result methodology using a depth-integrated & point sample to identify the characterization and grain size of the sediment as much as 500 grams. The known water surface elevation is used to be a variable of steady flow analysis using HEC-RAS v.5.0.3, and the simulation flow is 0.0276 m²/detik with the accumulation sediment per year 1.0242 tons. These serial events are followed by the gradation in the very low basement of a channel as much as 30-80 centimeters aboveground. The specific recommendation channel profile to recover and provide the sufficient capacity of incoming sedimentation with the profile design in the form of natural trapezoid with the bottom width 1.8 meters and height minimum of channel 0.6 meters equipped by the channel normalization once a year.

Keywords: agradation, sedimentation, profile of tersier irrigation channel

ABSTRAK

Saluran irigasi Rayap Tersier II merupakan salah satu saluran irigasi yang mengalir di petak persawahan seluas 31 Ha dan berada pada Daerah Irigasi Rayap Desa Renteng Kecamatan Patrang. Selama 2 tahun terakhir saluran ini mengalami longsor pada tebing dan lereng-lereng yang berada pada bagian atas saluran. Di saat yang bersamaan pula saluran tertutup kemudian terjadi akumulasi sedimen yang dapat mengganggu kinerja distribusi air pada baku sawah menjadi kurang maksimal. Melihat pentingnya peranan saluran perlu dilakukan langkah penanganan berupa pengendalian sedimen yang berpotensi muncul tiap tahunnya, maka dilakukan penelitian perilaku sedimen dengan metode *depth integrated & point sample* untuk mengetahui jumlah akumulasi sedimen yang terbawa arus tiap tahunnya dengan pengambilan total sampel di 5 titik seberat 500 gram. Berdasarkan data hasil pengukuran berupa tinggi muka air, *cross section* dan *long section* saluran maka, dilakukan analisis aliran seragam menggunakan HEC-RAS v.5.0.3. Hasil analisis hidrolis berupa kecepatan saluran sebesar 0.0276 m²/detik dengan tingkat akumulasi sedimen per tahunnya sebanyak 1.0242 ton per tahun. Proses sedimentasi menyebabkan kenaikan dasar saluran (agradasi) setinggi 30-80 centimeter dari permukaan dasar tanah awal. Rekomendasi saluran untuk penanggulangan sedimentasi pada saluran perlu dilakukan normalisasi saluran irigasi berupa desain ulang berbentuk trapesium dengan tinggi

¹ Info artikel: Received 22 Januari 2019, Received in revised from 13 Maret 2019, Accepted 1 Desember 2019

² Corresponding author: wiwikferi2001@gmail.com (W. Y. Widiarti)

jagaan setinggi 0.6 meter, lebar minimum saluran 1.8 meter, kemiringan saluran 0.006-0.336%, nilai koefisien kekasaran ($n=0.03$) dengan jadwal pengerukan rutin sebanyak 1 tahun sekali.

Kata kunci: agradasi, sedimentasi, profil saluran irigasi tersier

PENDAHULUAN

Saluran irigasi Rayap Tersier II yang terletak pada desa Renteng Kecamatan Patrang ini merupakan salah satu saluran yang berada pada Daerah Irigasi Rayap wilayah Darsono. Dalam kurun waktu 2 tahun terakhir khususnya pada musim penghujan, saluran irigasi Rayap mengalami tanah longsor pada tanah di lereng dekat saluran hingga menutup saluran sepanjang ± 200 meter (Suli, 2017). Kejadian ini membuat berhentinya kegiatan operasional irigasi untuk mengalir baku sawah seluas 31 hektar. Melihat pentingnya peran saluran tersier ini dalam memenuhi kebutuhan irigasi areal sawah, maka dilakukan penelitian untuk mengadakan penanggulangan terhadap perilaku dari karakteristik saluran hingga tanah longsor yang menutup saluran (Mokinio dkk, 2013). Analisis prediksi sedimentasi dilakukan dengan bantuan *software* HEC-RAS v.5.0.3 dipilih karena HEC-RAS merupakan alat bantu yang dapat memetakan jumlah akumulasi di titik tertentu dengan waktu simulasi yang dapat kita sesuaikan, dalam penelitian ini dipilih periode 1 tahun. Direncanakan dengan cara demikian agar dapat mengidentifikasi arus yang seharusnya mengalir dan level kenaikan air selama masa operasional sehingga profil saluran mempunyai kapasitas yang sudah disesuaikan dengan kebutuhan perencanaan irigasi dan dapat mengatasi potensi endapan tanah longsor.

METODOLOGI

Lokasi Penelitian

Saluran Irigasi Rayap Tersier II berada pada bagian utara wilayah pengairan Darsono yang termasuk ke dalam Daerah Irigasi Rayap berdekatan dengan DI Amsar dan DI Budar, tepatnya terletak pada desa Renteng Kecamatan Patrang. Mengaliri kebun seluas 11 Ha yang ditanamai tanaman seperti jenis tanaman palawija dan sengon. Terdapat pula pabrik kopi yang mendapatkan suplai air untuk pemenuhan kebutuhan pengairan dalam melakukan proses produksi dan pemasaran. Peta *resort* ditunjukkan pada Gambar 1.

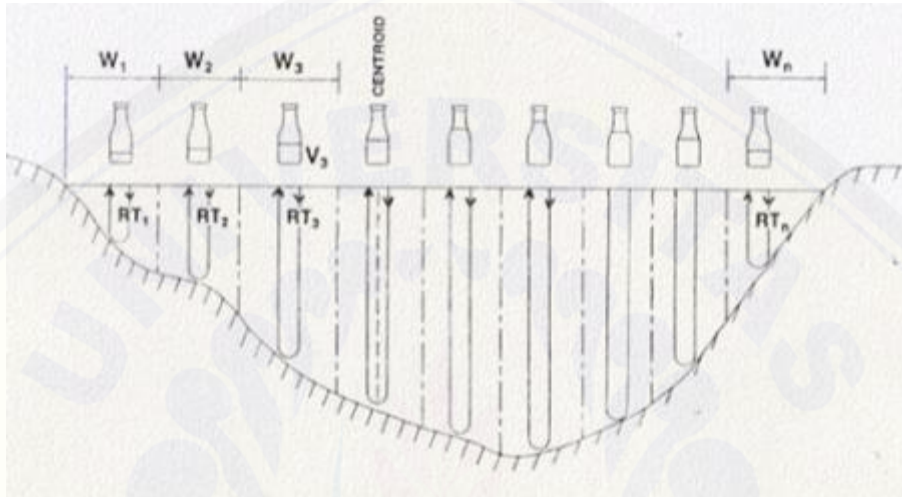


Gambar 1 Peta *resort* Daerah Irigasi Rayap (Sumber: UPT Juru Pengairan Darsono, 2016)

Prosedur Penelitian

Pengambilan sampel sedimen

Metode pengambilan sampel sedimen menggunakan *Point Sample* dan *Depth Integrated* adalah metode yang dilakukan dengan cara membagi lebar penampang melintang saluran irigasi menjadi bagian yang sama dengan tiap bagian diambil 1 titik sampel. Jarak horizontal dari titik lintang yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan penelitian dan jenis saluran. Sampel yang diambil merupakan *bed load* atau sedimen dasar saluran. Cara pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Metode pengambilan sedimen *point sample* dan *depth integrated* (Widyawarta, 2010)

Uji Ayakan Sedimen

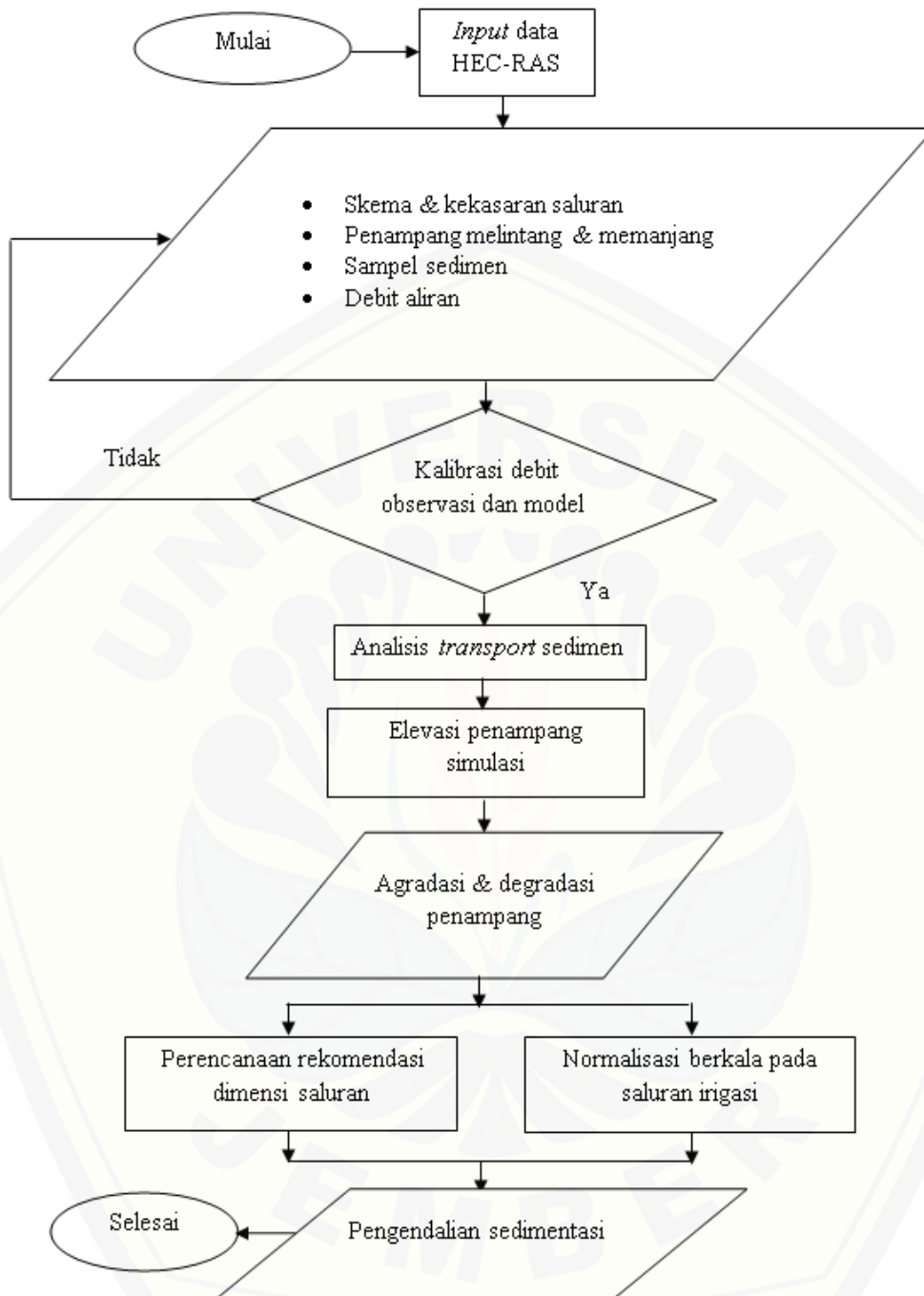
Setelah didapat sampel sedimen seberat 500 gram per titik percontohan lalu sedimen ditimbang kembali dan dimasukkan ke dalam bejana untuk dimasukan ke dalam *oven* dikeringkan dengan suhu 110°C selama 1 hari 1 malam (24 jam), setelah dilakukan penimbangan berat kering sedimen dapat dilakukan pengujian ayakan sedimen dengan tahapan berikut ini:

1. Menyiapkan saringan dengan ukuran ayakan 4, 8, 16, 20, 40, 100, 200 lalu sedimen dituangkan pada ayakan dari ukuran ayakan yang paling besar (nomor 4).
2. Diguncang selama ± 15 menit menggunakan bantuan alat *vibrator*
3. Dicatat jumlah berat tertahan di masing-masing ayakan secara kumulatif
4. Mem-plot grafik berdasarkan diameter butiran ayakan

Pengolahan data

Untuk melakukan pengolahan data, penelitian ini dibantu dengan *software* HEC-RAS dalam memprediksi sedimen pada saluran yang irigasi. Data yang diperlukan antara lain; ukuran butir sedimen dan sebarannya, data hidrolis saluran berupa (kecepatan aliran, tinggi elevasi saluran, dan dimensi penampang saluran). Analisis sedimen dipilih dengan menggunakan aliran berjenis seragam karena kecepatan aliran tidak berpengaruh pada waktu (stabil). Hal ini disebabkan karena profil saluran memiliki dimensi yang berukuran relatif sama.

Diagram Alir Penelitian



Gambar 3 Diagram alir pelaksanaan penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Observasi

Saluran irigasi rayap memiliki jenis profil dengan material *loam* atau tanah lempung, berkelok-kelok dan terletak pada ketinggian 2.013 kaki di atas permukaan laut. Untuk

mengetahui data hidrolis saluran, maka perlu dilakukan pengukuran langsung hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Data observasi kecepatan aliran dan kedalaman saluran

Stasiun	S (%)	Waktu (s)	Rpm	V (m/dtk)	Kedalaman (m)
STA +0		40	19	0.325	0,389
	0.333				
STA +110		40	16	0.355	0,346
	0.020				
STA +200		40	21	0.376	0,331
	0.006				
STA +500		40	20	0.274	0,323

Hasil pengukuran pada Tabel 1 diukur pada titik-titik yang tipikal pada *stationing* yang telah ditentukan. Maka didapatkan kecepatan aliran saluran dari STA +0 sampai dengan STA +500 dengan kecepatan aliran tertinggi terletak pada STA +200 di daerah hilir sebesar 0,376 m/detik, dengan kemiringan dasar saluran sebesar 0.02%.

Grain Sieve Analysis

Pengambilan sedimen di tiap-tiap titik stasiun dengan total berat sedimen 500 gram di daerah hulu dan 500 gram di daerah hilir kemudian dilakukan analisis saringan *sieve* dengan memakai ukuran diameter butiran, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Uji klasifikasi ukuran partikel sedimen

Jenis butiran	HEC-RAS	Uji Laboratorium	
	Diameter (mm)	Diameter saringan (mm)	% Lolos
Clay	0,004	-	-
Very Fine silt	0,008	-	-
Fine silt	0,016	-	-
Medium silt	0,032	-	-
Coarse silt	0,063	-	-
Very Fine sand	0,125	0,075	18,8
Fine sand	0,25	0,15	38
Medium sand	0,5	0,3	62,2
Coarse sand	1	0,85	86,2
Very coarse sand	2	2	91,6
Very fine gravel	4	2,36	95,4

Bedasarkan Tabel 2, sampel sedimen pada saluran Irigasi Rayap Tersier II termasuk kategori pasir (*very Fine sand – very Coarse sand*) dengan kata lain, ukuran butiran patikel pasir sedimen (*bed load*) memiliki kisaran ukuran antara 0.0625-2 milimeter. Kemudian ukuran butiran, kecepatan saluran dan kedalaman saluran dipakai dalam penentuan rumus pada perhitungan angkutan sedimen pada HEC-RAS seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Pemilihan fungsi *transport* sedimen

Function	Manual HEC-RAS			Hasil Observasi			Ket.
	d (mm)	V (m/s)	D (m)	d (mm)	V (m/s)	D (m)	
Ackers-White (Flume)	0.04-7	0.07-7.1	0.003-0.426	0.0625-2	0.274-0.376	0.323-0.389	Masuk
England-Hansen (Flume)	NA	0.65-6.34	0.057-0.405	0.0625-2	0.274-0.376	0.323-0.389	Tidak masuk
Laursen-Copeland (Field)	NA	0.068-7.8	0.204-16.45	0.0625-2	0.274-0.376	0.323-0.389	Tidak masuk
Meyer-Peter Muller (Flume)	0.4-29	1.2-9.4	0.009-1.188	0.0625-2	0.274-0.376	0.323-0.389	Tidak masuk
Tofaletti (Field)	0.062-4	0.7-7.8	0.021-17.28R	0.0625-2	0.274-0.376	0.323-0.389	Tidak masuk
Yang (Field-Sand)	0.15-1.7	0.8-6.4	0.012-15.24	0.0625-2	0.274-0.376	0.323-0.389	Tidak masuk

Bedasarkan pada Tabel 3, rumus perhitungan analisis *transport* sedimen yang memenuhi dan sesuai dengan ketiga parameter adalah (Ackers-White, Flume) karena ukuran diameter, kecepatan aliran dan kedalaman rata saluran observasi ada pada nilai interval yang disajikan oleh rumus tersebut.

Analisis Angkutan Sedimen

Penentuan koefisien Manning

Koefisien *Manning* kategori pada saluran irigasi Rayap Tersier II adalah saluran tanah dengan rentang nilai 0.0250-0.0350, maka persentase dengan nilai yang paling kecil dapat dipakai sebagai parameter terkalibrasi. Hasil kalibrasi koefisien *Manning* ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Kalibrasi koefisien nilai *Manning*

Nilai n	H Simulasi (m)	H observasi (m)	Ho-Hs	Ho-Hs	Error (%)
0.0250	0,27	0,37	-0,1	0,1	3%
0.0300	0,43	0,37	0,06	0,06	2%
0.0350	0,62	0,37	0,25	0,25	5%

Bedasarkan Tabel 4 maka nilai koefisien dengan tingkat *error* (%) terendah ada pada nilai n sama dengan 0,03. Selanjutnya nilai tersebut dipakai untuk analisis berikutnya.

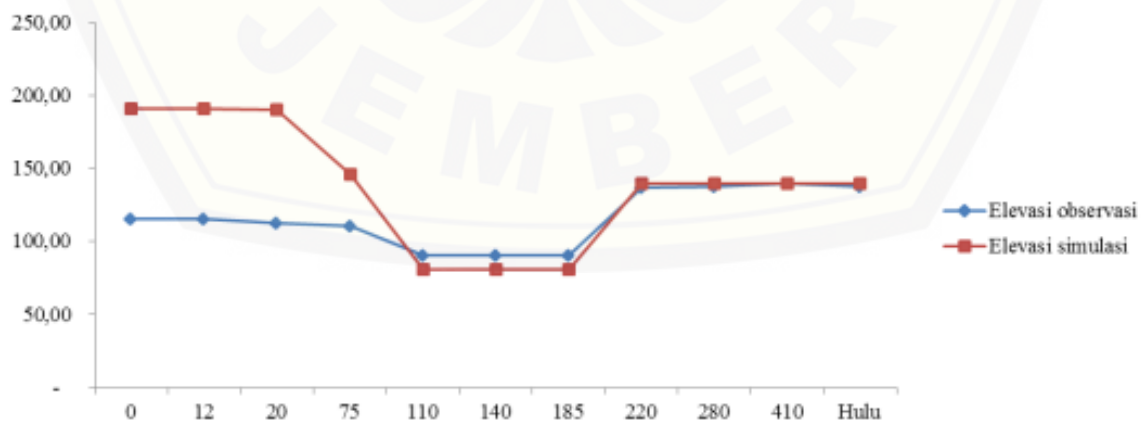
Penelusuran kenaikan dasar saluran

Adanya proses sedimentasi pada saluran irigasi Rayap Tersier II menyebabkan terjadinya perubahan tinggi saluran mula-mula. Hasil penelusuran kenaikan dasar saluran pada tiap *stationing* yang ditinjau ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil penelusuran kenaikan dasar saluran

Stasiun	Elevasi observasi	Elevasi model	Keterangan
0	115.23	190.68	Agradasi
12	115.68	190.66	Agradasi
20	112.84	190.00	Agradasi
75	110.65	145.76	Agradasi
110	90.15	80.45	Degradasi
140	90.57	80.45	Degradasi
185	90.50	80.45	Degradasi
220	137.25	139.50	Agradasi
280	137.55	139.50	Agradasi
410	139.64	139.50	Degradasi
500	137.30	139.50	Agradasi

Bedasarkan pada Tabel 5 di sepanjang saluran irigasi mengalami penurunan dan kenaikan tanah dasar. Kenaikan dasar saluran tertinggi ada pada STA+0 hingga STA+75 semula ada pada level 112.84 menjadi 190.68, sedangkan penurunan terendah terjadi pada STA+110 hingga STA+185 yaitu berada pada level 90.15 menjadi 80.45. Hasil *plot* kenaikan dasar saluran ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Plot perubahan elevasi dasar penampang saluran irigasi

Penelusuran akumulasi sedimen

Pada saat proses terjadinya agradasi dan degradasi, kondisi tanah dasar saluran mengalami pengikisan dan pengendapan yang dibawa oleh arus saluran dan dipengaruhi oleh lebar- sempitnya profil dan debit aliran pada saat itu. Maka diperoleh hasil penelusuran akumulasi sedimentasi yang disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6 Akumulasi sedimen saluran

STA	Berat Timbunan Sedimen (ton/tahun)
0	0,1430
12	0,1742
20	0,1292
75	0,2296
220	0,2132
280	0,1398
500	0,2112
Total	1,2402

Saluran irigasi Rayap Tersier II pernah dilakukan upaya normalisasi berupa pemadatan tanah sepanjang 430 m dengan total volume pemadatan 204 m³, sedangkan prediksi akumulasi sedimen dalam 1 tahun sebesar 1240.2 kg/tahun. Jika dibandingkan dengan nilai pemadatan sebesar 860.5332 kg/m³ maka selisih dari kedua nilai adalah sebesar 379.6668 kg/m³. Maka berdasarkan hasil perbandingan kedua nilai hasil model dapat dipercaya.

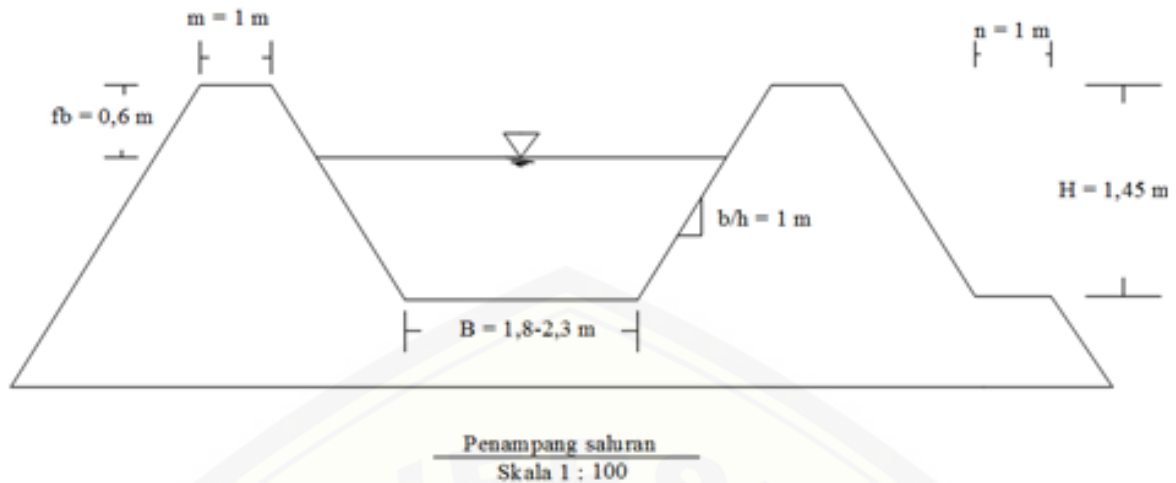
Pengendalian sedimentasi saluran

Saluran yang akan direncanakan adalah saluran tanah tanpa pasangan yang tergolong ke dalam lempung kenyal (*loam*), maka cara penanggulangan sedimentasi pada profil saluran perlu dilakukan perencanaan ulang yang sesuai dengan kebutuhan air pada daerah irigasi. Hasil perencanaan saluran (*re-design*) ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7 Perencanaan karakteristik saluran irigasi

Stasiun	Perbandingan b/h (m)	Tinggi Jagaan (m)	Lebar puncak tanggul (m)		Kehilangan akibat rembesan (m ³ /dtk per m saluran)
			Tanpa jalan inspeksi	Dengan jalan inspeksi	
0	1,8-2,3	0,6	1,5	5,0	0,0104
110	1,8-2,3	0,6	1,5	5,0	0,0100
220	1,8-2,3	0,6	1,5	5,0	0,0070
500	1,8-2,3	0,6	1,5	5,0	0,0063

Gambar dimensi penampang saluran irigasi selanjutnya dapat di-visualkan seperti pada Gambar 5. Hal ini berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 7.



Gambar 5 Dimensi penampang saluran irigasi (rekomendasi)

Analisis kebutuhan pengerukan dasar saluran

Saluran irigasi Rayap perlu dilakukan upaya preventif, maka dilakukan analisis kebutuhan pengerukan pada saluran untuk mengetahui intensitas pengerukan berdasarkan penelusuran simulasi sedimen yang ada. Hasil analisis kebutuhan pengerukan ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8 Analisis kebutuhan pengerukan volume sedimen

Volume saluran (m ³)	Total volume saluran (m ³)	Akumulasi volume sedimen per tahun (m ³)	Kebutuhan pengerukan per tahun
49.875	42393.75	62010	0.683

Kebutuhan pengerukan dalam 1 tahun berdasarkan Tabel 8 dapat dilakukan sebanyak 0.683~1 atau sekali dalam 1 tahun pengoperasian saluran irigasi. Dengan demikian saluran tidak akan mengalami kekurangan *inflow* dan mampu menampung angkutan sedimen yang ada selama setidaknya dalam kurun waktu 1 tahun.

KESIMPULAN

Bedasarkan penelitian dan pembahasan yang sudah dipaparkan di atas, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Tanah longsor yang ada memengaruhi kinerja saluran terutama pada terhentinya operasional irigasi Rayap. Oleh sebab itu tingkat kerawanan tentang adanya proses sedimentasi semakin meningkat pada saluran irigasi Rayap Tersier II. Hasil analisis menyebutkan bahwa pada STA +20 terjadi agradasi akibat sedimentasi saluran yang mencapai level 190 dari ketinggian mula-mula ada pada level 112.84 dengan simulasi angkutan sedimen seberat 1.2042 ton/tahun. Jenis sedimen yaitu berupa *very fine sand* – *very coarse sand* dengan rentang ukuran butiran sebesar 0.0625-2 milimeter.

- Langkah untuk menanggulangi terjadinya longsor adalah dengan rutin melakukan pengerukan saluran dasar dan medesain ulang saluran dengan ketentuan ukuran sesuai yang sudah disesuaikan dengan karakteristik dan perilaku sedimen yang terjadi pada saluran irigasi Rayap yaitu lebar dasar saluran minimal 1.8 meter dengan tinggi jagaan 0.6 meter. Kemudian dilengkapi tinggi tanggul kanan kiri minima selebar 1 meter dengan jalan inspeksi 5 meter di salah satu sisi.

DAFTAR PUSTAKA

- Barid, B., Yacob, M. (2007). "Perubahan Kecepatan Aliran Sungai Akibat Perubahan Pelurusan Sungai", *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, 10 (1), 14–20.
- Effendy. (2012). "Disain Saluran Irigasi". *Pilar Jurnal Teknik Sipil*, 7 (2), 1907-6975.
- Halim, F. (2011). "Aplikasi Metode Konsep Regime Pada Perencanaan Sudetan di Sungai Sario". *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, Vol , No.1 Maret 2011 ISSN 2087-9334 (47-60).
- Koyari, E., Priyantiri, D., dan Sisinggih, D. (2012). "Pola Pengendalian Banjir Kawasan Bambu Kuning Kota Jayapura". *Jurnal Teknik Pengairan*, 3 (2), 240-249 .
- Mokinio, Sembiring A. E. (2013). Analisis Sedimentasi di Muara Sungai Panesan. *Jurnal Sipil Statik*, 2 (3), 148-154.
- Sadira, I., W., Manalip., H. dan Mananoma, T. (2013). "Analisis Angkutan Sedimen pada Sungai Mansahan". *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 3 (1),54-57.
- Saudaya. (2007). "Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Banjir Sungai Sario di Titik Kawasan Citraland". *Jurnal Sipil Statik*, 5 (3), 143-150.
- Suli, M. (2017). Data Inventarisasi Juru Pengairan Darsono Kecamatan Patrang Kabupaten Jember. Dokumen UPTD SDA wilayah Patrang.
- Zakaria, A. (2012). "Analisis Sensitifitas Koefisien *Manning* Untuk Aliran Tunak 1-D Menggunakan Program HEC-RAS". *Prosiding SNSMAIP III-2012* ISBN No. 978-602-985559-1-3.