



**PENGENDALIAN SEDIMENTASI PADA SALURAN IRIGASI
RAYAP TERSIER II PATRANG KABUPATEN JEMBER**

SKRIPSI

Oleh

**Putu Adetya Pariartha
NIM 141910301030**

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2019



**PENGENDALIAN SEDIMENTASI PADA SALURAN IRIGASI RAYAP
TERSIER II PATRANG KABUPATEN JEMBER**

SKRIPSI

Diajukan untuk melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Strata Satu Jurusan Teknik Sipil dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**PUTU ADETYA PARIARTHA
NIM 141910301030**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

2019

**PENGENDALIAN SEDIMENTASI PADA SALURAN IRIGASI RAYAP
TERSIER II PATRANG KABUPATEN JEMBER**

TUGAS AKHIR

diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Program Studi S-1 Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Universitas Jember

Oleh:

Putu Adetya Pariartha

NIM 141910301030

Disetujui oleh Tim Evaluasi Tugas Akhir.

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM

(.....)

Wiwik Yunarni Widiarti, S.T., M.T.

(.....)

Dr. Gusfan Halik, S.T., M.T.

(.....)

Retno Utami Agung Wiyono, S.T., M.Eng., Ph.D.

(.....)

Jember, Januari 2019

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji syukur diberikan kepada Allah SWT atas limpahan Rahmat serta Hidayah-Nya sehingga saya dapat mengerjakan tugas akhir dengan penuh berkah dan semangat. Tidak lupa saya mengucapkan terima kasih kepada:

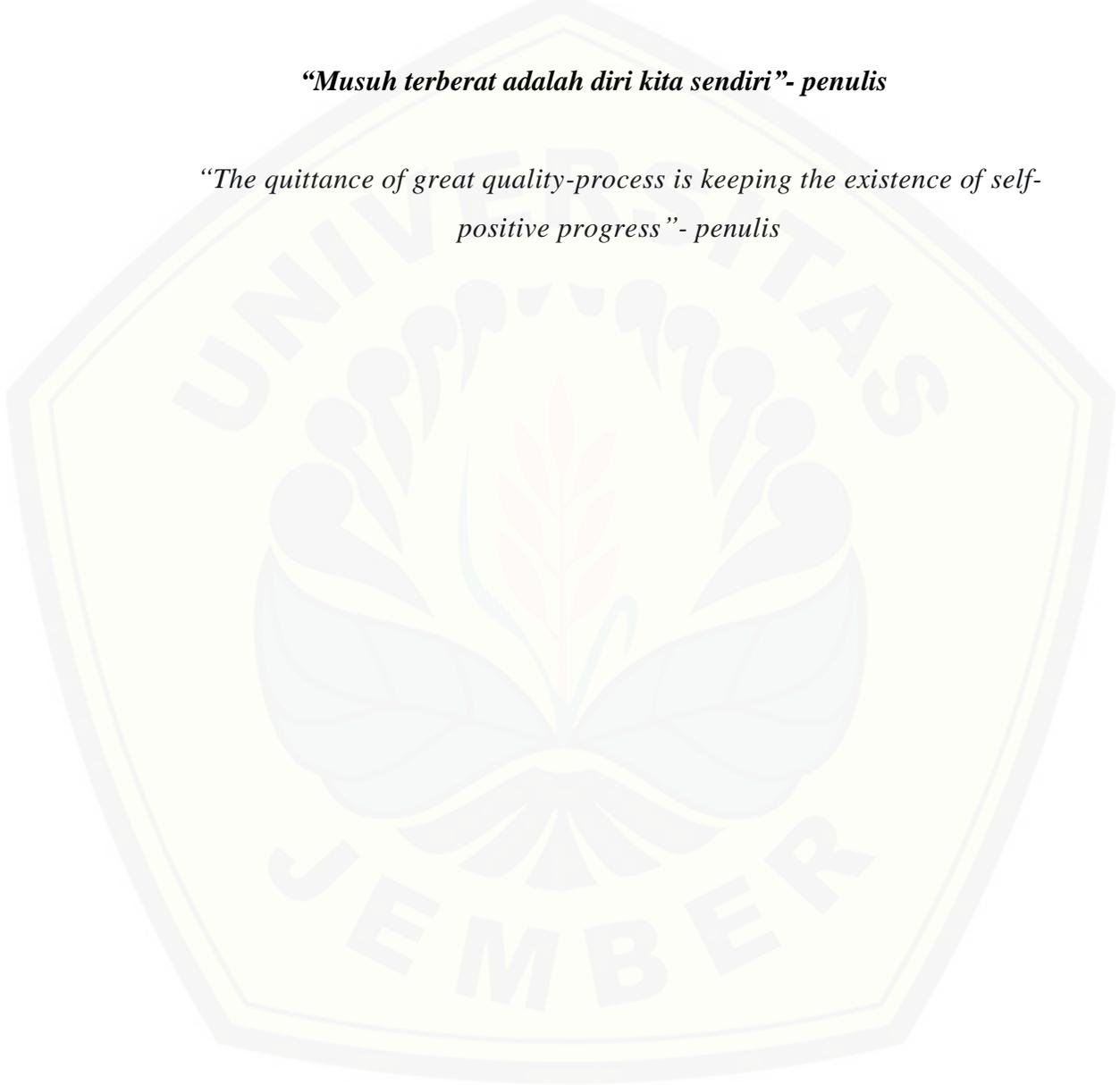
1. Papa Mama saya tercinta, Budi Prasetyo dan Luh Ariyani Yadnya terima kasih telah mencurahkan segala kasih sayang, pengorbanan yang luar biasa, kesabaran, serta do'a dan motivasi yang tak berujung dalam setiap langkah hidup saya;
2. Pekak Partha dan Mbah Nuri, terima kasih atas segala motivasi dan kasih sayang yang dicurahkan kepada saya;
3. Adik-adik saya Dinda, Bagus, Bayu, Nanda, Sakde, Akbar dan Aldhen terima kasih sudah membantu dan menghibur serta Keluarga besar yang tidak bosan mengingatkan untuk segera menyelesaikan studi saya;
4. Guru dan dosen selama masa pendidikan, terima kasih atas kesabarannya dalam memberikan ilmu yang bermanfaat serta mendukung saya dalam menggapai cita-cita;
5. Teman seperjuangan saya Teknik Sipil Angkatan 2014. Saya mengucapkan terima kasih atas ikatan pertemanan yang baik dan bermanfaat, dan yang spesial terima kasih kepada Zelika Gita Sari atas segala pendampingannya
6. Staff Teknik Sipil dan Teknisi Lab. Terima kasih atas bimbingan yang diberikan selama masa penelitian, serta seluruh pihak yang tidak bisa saya ucapkan satu persatu.

HALAMAN MOTO

“Atma Adnyana Anarawata Abirama”- penulis

“Musuh terberat adalah diri kita sendiri”- penulis

“The quittance of great quality-process is keeping the existence of self-positive progress”- penulis



HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Putu Adetya Pariartha

NIM : 141910301030

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pengendalian Sedimentasi pada Saluran Irigasi Rayap Tersier II Patrang Kabupaten Jember” adalah sungguh hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang saya junjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia menerima sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 2 Januari 2019

Yang menyatakan,

Putu Adetya Pariartha

NIM 141910301030

SKRIPSI

**PENGENDALIAN SEDIMENTASI PADA SALURAN IRRIGASI RAYAP
TERSIER II PATRANG KABUPATEN JEMBER**

Oleh:

PUTU ADETYA PARIARTHA
NIM 141910301030

Pembimbing:

Dosen Pembimbing 1: Dr. Ir. Entin Hidayah, M. UM

Dosen Pembimbing 2: Wiwik Yunarni Widiarti, S.T., M.T.

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengendalian Sedimentasi Pada Saluran Irigasi Rayap Tersier II Patrang Kabupaten Jember” Telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

Hari, tanggal : Rabu, 2 Januari 2019

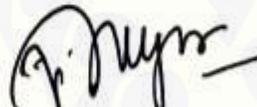
Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama



Dr. Ir. Entin Hidayah, M. UM
NIP. 196612151995032001

Dosen Pembimbing Anggota



Wiwik Yunarni Widiarti, S.T., M.T.
NIP. 197006131998022001

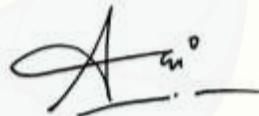
Tim Penguji

Penguji Ketua



Dr. Gusfan Halik, S.T., M.T.
NIP. 197108041998031002

Penguji Anggota



Retno Utami Agung Wiyono, S.T., M.Eng., Ph.D.
NRP. 760017219

Mengesahkan,

Dekan
Fakultas Teknik
Universitas Jember



Dr. Ir. Entin Hidayah, M. UM
NIP. 196612151995032001

RINGKASAN

Pengendalian Sedimentasi pada Saluran Irigasi Rayap Tersier II Patrang Kabupaten Jember; Putu Adetya Pariartha, 141910301030; 2018; 75 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Saluran irigasi merupakan sarana penyaluran dalam rangka melakukan pengairan sesuai dengan kebutuhan air yang sudah direncanakan di petak-petak aliran seperti areal perkebunan dan persawahan. Seperti halnya dengan saluran irigasi Rayap yang terletak di desa Renteng Kecamatan Patrang Kabupaten Jember yang memiliki 2 saluran tersier yang mengalir petak persawahan seluas 11 hektar.

Tepat pada tahun 2015 terjadi hujan lebat yang membuat tanah di lereng-lereng saluran irigasi longsor dan menutup profil di saluran tersier II. Adanya tumpukan tanah pada saluran membuat adanya proses sedimentasi yang terbawa arus sehingga dapat memengaruhi kinerja suplai air menuju daerah yang hendak dialiri menjadi kurang maksimal. Diketahui prediksi akumulasi sedimen per tahun sebesar 62010 m^3 dengan kategori butiran berupa pasir halus hingga pasir berbutir kasar dengan ukuran 0.0625-2 mm dengan kecepatan endap (w) 9.683 mm/detik.

Setelah dilakukan analisis sedimen menggunakan bantuan *software* HEC-RAS v 5.0.3 dengan metode perhitungan Achters-White (Flume) diketahui berat sedimen yang terakumulasi selama 1 tahun yaitu seberat 1.2402 ton/tahun dengan akumulasi sedimen terbesar berada pada *stasioning* +75 yaitu seberat 0.2296 ton/tahun. Di saat yang bersamaan terjadi agradasi dan degradasi tanah dasar pada saluran dengan selisih tertinggi mencapai +0.7784 m untuk agradasi dan -0.097 m untuk titik degradasi tertinggi.

Akibatnya efisiensi dari debit aliran untuk keperluan irigasi adalah sebesar 77.258% atau kurang dari 90% sebagai standart efisiensi pengaliran normal. Faktor utama yang menyebabkan terjadinya efisiensi di bawah standart adalah perubahan dimensi profil saluran yang menjadi bertambah dangkal atau pun menyempit. Perubahan ini diakibatkan adanya tumpukan *transport* sedimen yang mengendap pada

dasar saluran. Selain itu rembesan air pada saluran tanah juga turut memengaruhi faktor kehilangan air saluran dengan persentase nilai 22.742%.

Sebagai langkah penanggulangan perlu dilakukan desain ulang profil dan upaya normalisasi untuk dapat mengendalikan proses sedimentasi yang dapat mengganggu proses operasi saluran menjadi kurang maksimal. Hasil analisis kebutuhan normalisasi membutuhkan upaya penanggulangan berupa pengerukan dan spesifikasi desain yang daya tampungnya telah disesuaikan dengan kebutuhan irigasi dan angkutan sedimen berdasarkan Kriteria Perencanaan 02 tentang saluran irigasi yaitu: tinggi jagaan minimal adalah 0.6 m dan perbandingan b/h sebesar 1.8-2.3 dengan lebar puncak tanggul inspeksi sepanjang 5 meter.

Kata kunci: agradasi, degradasi, sedimentasi, normalisasi, saluran irigasi tersier, profil saluran.

SUMMARY

Sedimentation Management in Tersier II of Rayap Irrigation Canal at Patrang-Jember Region; Putu Adetya Pariartha, 141910301030; 2018; 75 Pages; Civil Engineering major, Engineering Faculty of Jember University.

Irrigation channel is a medium in order to perform any hydrolic irrigation based on the planned irrigation intake for the each swath e.g. plantation area and rice fields. As well as Rayap irrigation channel which located in the Renteng village, Patrang subdistrict, Jember regency where it has 2 irrigation tersier channels for the coverage rice field area for about 11 hectare.

Exactly in 2015 there was a heavy rain falling in the hillsides above the irrigation channel which caused a landslide activity and fully cover that channel. Those sedimentary stacks inside the channel had been affecting the channel performance in supplying the directed area to be unmaximal. The known sediment accumulation prediction per year is 62010 m^3 with type of gradation particle as very fine sand until very coarse sand whose size about 0.0625-2 mm with the semintation velocity (w) 9.683 mm/second.

In the post software HEC-RAS v 5.0.3 analysis with the calculation method of Ackers-White (Flume) it has known the total weight of loaded sediment is 1.2402 ton/year in the certain stationing point +75 in the amount of 0.2296 ton/year. In the same time it has been going on a land base agradation and degradation in the channel which has the highest margin reaches +0.7784 m of agradation and -0.097 m of degradation.

The lack of discharge efficiency, that is in the level of 77.258% or less than 90% as the normal of efficiency standard. The major factor is the transformation of channel profil to be more shallow or narrower than usual. This activity had been caused by the pile of sediment transport in the very base level of the channel. Beside

that there is a seepage process among the sedimentation area that could affect the water loss factor with the percentage 22.742%.

The prevention in the mechanism to require the normalization is making a redesign the profile of channel to manage the sedimentation which been always be there in any kind of situation. The result of profile dimension specification with the sufficient of channel capacity based on Planning Criteria 02 reference about irrigation channel it must be has a surveillance height is 0.6 m and b/h value comparison 1.8-2.3 with the top embankment with the inspection path 5 meters.

Keywords: agradation, degradation, normalization, tersier irrigation channel, channel profile

PRAKATA

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya sebagai penulis dapat menyelesaikan tugas akhir skripsi yang berjudul “Pengendalian Sedimentasi pada Saluran Irigasi Rayap Tersier II Patrang Kabupaten Jember”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Entin Hidayah, M. UM., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Ir. Hernu Suyoso, M.T, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember;
3. Ririn Endah Badriani, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membantu, sabar, meluangkan waktu dan pikirannya guna memberikan bimbingan serta pengarahan demi kemajuan penyelesaian penelitian dan penulisan skripsi ini;
4. Dr. Ir. Entin Hidayah, M. UM., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah membantu, sabar, meluangkan waktu dan pikirannya guna memberikan bimbingan serta pengarahan demi kemajuan penyelesaian penelitian dan penulisan skripsi ini;
5. Wiwik Yunarni Widiarti, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Anggota, yang telah meluangkan waktu guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi kemajuan penyelesaian penelitian dan penulisan skripsi ini;
6. Retno Utami Agung Wiyono, S.T., M.Eng., Ph.D. dan Dr. Gusfan Halik, S.T., M.T. selaku Tim Penguji yang telah memberikan saran dan evaluasi demi perbaikan penulisan skripsi ini;
7. Seluruh karyawan Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember;

8. Mas Hasan, Mas Ridwan dan Mas Mukhlis selaku teknisi Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Jember yang telah memberikan bantuan dan instruksi lugas selama proses penyelesaian penelitian ini;
9. Papa Budi Prasetyo dan Mama tersayang Luh Ariyani Yadnya terima kasih telah mencurahkan segala kasih sayang, pengorbanan yang luar biasa, kesabaran, do'a dan motivasi yang tak berujung dalam setiap langkah hidup saya, serta adik-adik saya, Dinda, Akbar dan Aldhen terima kasih atas kasih sayang dan semangat yang diberikan. Tak lupa Keluarga besar yang tidak bosan mengingatkan untuk segera menyelesaikan studi saya;
10. Guru dan dosen selama masa pendidikan, terima kasih atas sifat sabar dalam memberikan ilmu yang bermanfaat serta mendukung saya dalam menggapai cita-cita;
11. Teman seperjuangan Teknik Sipil Angkatan 2014;
12. Terima kasih Zelika Gita Sari atas dukungan dari segenap hati yang telah diberikan kepada penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dengan baik;
13. Semua pihak yang telah membantu penulis termasuk staf admin UPTD PSDA Patrang Bapak Taufiq dan Agung Sedayu selaku teman belajar selama pengambilan data penelitian.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi menyempurnakan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat membawa manfaat bagi penulis dan masyarakat umum yang membacanya.

Jember, 2 Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	VI
HALAMAN PEMBIMBING	VII
HALAMAN PENGESAHAN	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
RINGKASAN	IX
SUMMARY	XI
PRAKATA	XIII
DAFTAR ISI	XV
DAFTAR TABEL	XVII
DAFTAR GAMBAR	XVIII
DAFTAR LAMPIRAN	XIX
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan masalah	2
1.3 Tujuan penelitian	2
1.4 Manfaat penelitian	3
1.5 Batasan masalah	3
BAB 2. LANDASAN TEORI	4
2.1 Jaringan irigasi	4
2.1.1 Pembagian jenis saluran.....	4
2.1.2 Klasifikasi jaringan irigasi.....	5
2.2 Sedimentasi sungai	7
2.3 Penelusuran sedimentasi saluran dengan HEC-RAS	8
2.3.1 Perhitungan kapasitas angkutan.....	8
2.4 Penentuan debit saluran	14
2.5 Aliran saluran irigasi	16
2.6 Pengukuran kondisi sedimen	16
2.7 HEC-RAS	18
2.7.1 Simulasi dengan <i>software</i> HEC-RAS v 5.0.3.....	18
2.7.2 Formulasi HEC-RAS.....	19
2.8 Analisis Kerja	20

2.8.1 <i>Sediment Transport / Movable Boundary Computations</i>	20
2.8.2 Penyimpanan data dan Manajemen data.....	21
2.8.3 Grafik dan Pelaporan.....	21
2.9 Organisasi Data	22
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Lokasi Penelitian	23
3.2 Prosedur Penelitian	25
3.2.1 Data Primer	25
3.2.2 Data Sekunder.....	27
3.3 Pengolahan Data	27
3.3.1 Skematisasi simulasi dan input data	28
3.3.2 Running program	28
3.3.3 Evaluasi Hasil Analisis	28
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Data geometri saluran irigasi Rayap	30
4.1.1 Parameter observasi	34
4.1.2 Parameter hitung.....	36
4.2 Analisis angkutan sedimen	36
4.2.1 Analisis Saringan.....	36
4.2.2 Hasil uji kalibrasi parameter.....	39
4.3 Pengendalian sedimentasi saluran irigasi	43
4.3.1 Evaluasi efisiensi saluran irigasi.....	43
4.3.2 Rekomendasi perencanaan profil saluran irigasi.....	44
4.3.3 Analisis kecepatan endap sedimen.....	45
4.3.4 Analisis kebutuhan pengerukan dasar saluran.....	46
BAB 5. PENUTUP	48
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	53

DAFTAR TABEL

Halaman

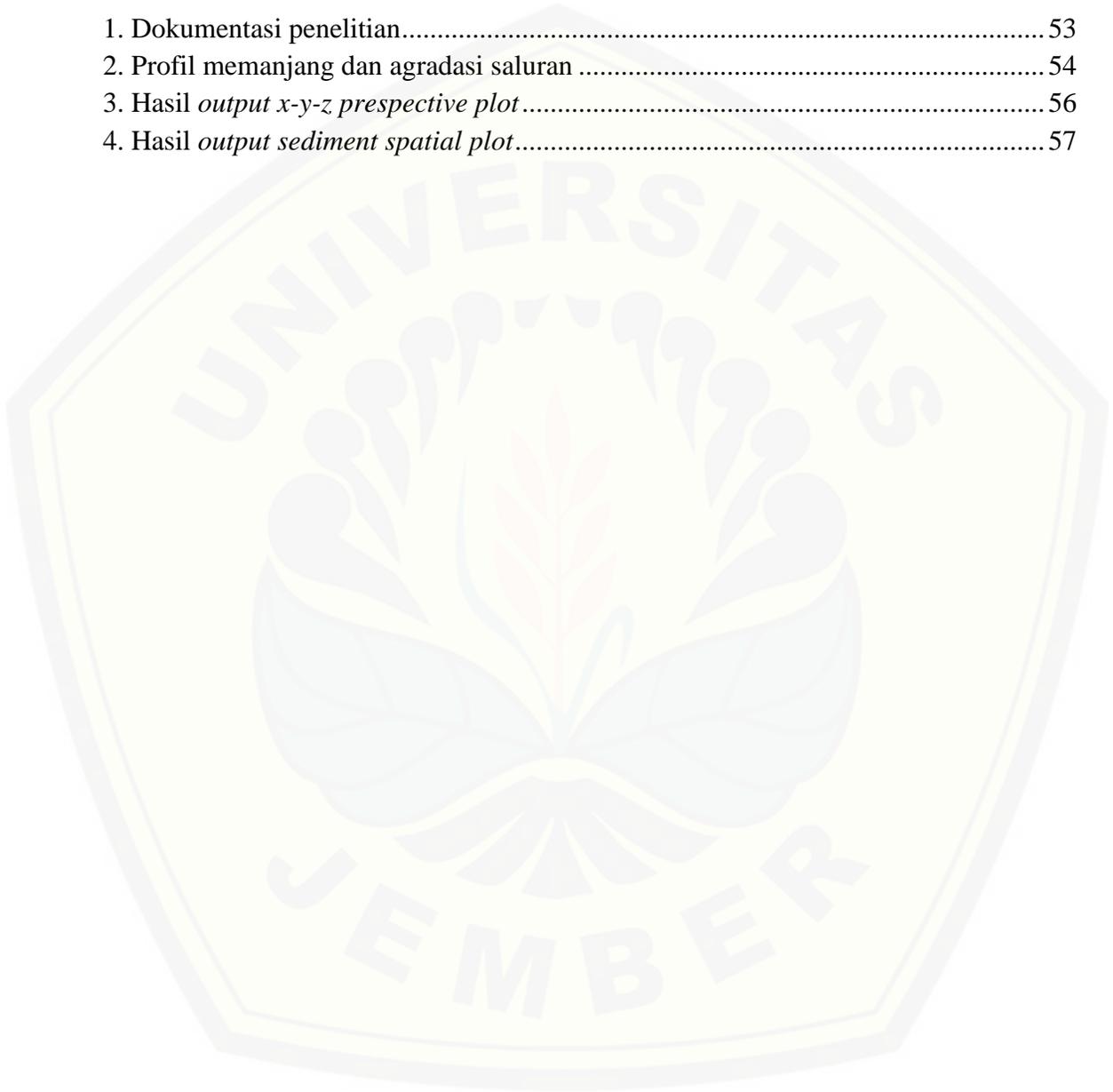
2.1 Klasifikasi jaringan irigasi	5
2.2 Rentang data pemilihan metode <i>transport</i> sedimen.....	13
2.3 Kriteria debit saluran	14
2.4 Nilai koefisien <i>manning</i> berdasarkan <i>HEC-RAS reference manual</i>	14
2.5 Klasifikasi ukuran partikel sedimen	18
2.6 Koefisien penyempitan dan pelebaran tampang.....	20
3.1 Analisis saringan berdasarkan diameter butiran.....	27
4.1 Data hasil observasi pengukuran penampang saluran.....	31
4.2 Data observasi kecepatan aliran	32
4.3 Persentase gradasi butiran sedimentasi hulu	32
4.4 Persentase gradasi butiran sedimentasi hilir	33
4.5 Pengambilan muatan sedimen <i>bed load</i> saluran irigasi Rayap	33
4.6 Tinggi muka air observasi.....	34
4.7 Harga koefisien kekasaran dinding saluran.....	35
4.8 Variasi kecepatan aliran saluran irigasi.....	35
4.9 Hasil perhitungan desain hidrolis dan dimensi	36
4.10 Hasil uji klasifikasi partikel sedimen.....	36
4.11 Pemilihan fungsi <i>transport</i> sedimen berdasarkan ukuran butiran, kecepatan dan kedalaman saluran	38
4.12 Kalibrasi koefisien nilai <i>Manning</i>	40
4.13 Koefisien reabilitas dan keeratan hubungan variabel.....	41
4.14 Hasil penelusuran kenaikan dasar saluran.....	41
4.15 Hasil akumulasi sedimen saluran	42
4.16 Efisiensi pada saluran irigasi Rayap tersier II.....	44
4.17 Perencanaan karakteristik saluran irigasi	44
4.18 Analisis kebutuhan pengerukan volume sedimen	46

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Skema operasi sda wilayah patrang	6
3.1 Peta <i>resort</i>	23
3.2 Skema konstruksi jaringan irigasi rayap	24
3.3 Cara pengambilan sampel sedimen	25
3.4 Diagram alir pelaksanaan penelitian	29
4.1 Tampak atas saluran irigasi Rayap Tersier II.....	30
4.4 Plot gradasi ayakan butiran sedimen (hulu)	37
4.5 Plot gradasi ayakan butiran sedimen (hilir)	38
4.6 Perbandingan tinggi muka air dengan $n=0.03$	39
4.7 Hasil validasi debit aliran.....	40
4.8 Plot perubahan elevasi dasar penampang saluran irigasi.....	42
4.9 Dimensi penampang saluran irigasi (rekomendasi)	45
4.10 Hubungan ukuran pratikel sedimen dengan kecepatan endap	46

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Dokumentasi penelitian.....	53
2. Profil memanjang dan agradasi saluran	54
3. Hasil <i>output x-y-z prespective plot</i>	56
4. Hasil <i>output sediment spatial plot</i>	57



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Bulan Mei 2016, telah terjadi limpasan air di bukit dekat DAM daerah irigasi Rayap yang menyebabkan tergerusnya lahan di lereng Rayap. Limpasan air tersebut meluncur deras menuruni bukit dan terakumulasi sekian lama sehingga menyebabkan sarana *intake* jebol dan saluran irigasi sepanjang 200 meter tertimbun tanah. Menurut Suli (2017) juru daerah irigasi setempat setiap memasuki musim penghujan saluran selalu terkena longsoran tanah hingga kejadian terparah terjadi pada tahun 2016.

Peristiwa tersebut mengakibatkan seluruh aktifitas pengairan pada baku sawah seluas 31 hektar terhenti karena saluran penghubung terputus oleh endapan tanah longsor. Endapan atau Sedimen ini terus terakumulasi hingga menyebabkan adanya perubahan dasar saluran yang dapat memengaruhi kinerja saluran pada daerah irigasi tersebut. Sedimentasi ialah terbawanya material alam oleh arus bersama aliran sungai (Mokinio dkk., 2013). Sedimentasi yang terjadi menyebabkan saluran menjadi dangkal dan kapasitas saluran menjadi berkurang sehingga tidak dapat menampung lagi debit limpasan yang ada (Fitriyah, 2014).

Muatan sedimentasi yang berada di saluran irigasi rayap berupa material alam seperti batuan besar, pasir, kerikil dan tanah (Suli, 2016). Saluran irigasi Rayap termasuk dari cakupan wilayah aliran sungai Rembangan yang terletak di Kecamatan Patrang Kabupaten Jember. Sedimen di daerah sungai dapat menimbulkan masalah bagi bangunan di sekitarnya, di antaranya adalah bangunan irigasi, jembatan dan pengendali sungai (Sofia, 1990). Dampak dari sedimentasi yaitu dapat mengurangi kapasitas saluran irigasi dalam mengalirkan debit air yang telah direncanakan.

Saluran irigasi Rayap pada Sungai Rembangan merupakan saluran yang tergolong rentan terjadi agradasi, gerusan dan rembesan dengan debit solid yang lebih besar daripada kemampuan *transport* sedimen. Kemiringan yang sangat curam dengan beda elevasi yang cukup tinggi yaitu 6 meter diukur dari saluran irigasi di atas sungai, menyebabkan potensi longsor pada kondisi serupa tepatnya pada saat curah

hujan tinggi. Upaya normalisasi pada saluran yang terkena longsor untuk mengangkut sedimentasi yang sudah direncanakan masih terkendala dengan akses keluar masuk alat berat yang tidak memungkinkan untuk menjadi perlintasan. Kondisi tertimbunnya saluran irigasi terbengkalai hingga 2 tahun terakhir dengan inisiatif seperti pemadatan seadanya demi memaksimalkan saluran untuk beralih fungsi sebagai lahan perkebunan palawija dan sengon yang beroperasi secara manual tanpa adanya sistemasi dari bangunan air yang tersedia.

Oleh karena itu perlu adanya analisis sedimentasi dengan identifikasi pengaruh sedimen di sepanjang saluran di setiap titik yang rawan. Kemudian sedimentasi akan disimulasikan dalam model satu dimensi dengan menggunakan program *Hydraulic Engineering Center-River Analysis System* atau yang disingkat dengan (HEC-RAS). Program HEC-RAS karena program ini mampu melakukan penayangan ilustratif mengenai perilaku sedimentasi dengan gradasi sedimen sedimen yang ada di lapangan. Dengan demikian saluran irigasi Rayap Tersier II dapat memonitoring dalam upaya yang preventif untuk menentukan langkah antisipatif demi keberlanjutan kondisi dasar saluran irigasi Rayap untuk keperluan irigasi seperti sedia kala.

1.2 Rumusan masalah

Adapun rumusan masalah dari latar belakang masalah yang sudah dijelaskan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi sedimentasi yang terjadi pada saluran irigasi Rayap?
2. Bagaimana upaya pengendalian sedimentasi pada saluran irigasi Rayap?

1.3 Tujuan penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kondisi sedimentasi yang terjadi pada saluran irigasi Rayap;
2. Untuk mengetahui upaya pengendalian sedimentasi pada saluran irigasi Rayap.

1.4 Manfaat penelitian

Manfaat yang akan diberikan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi terkini tentang prediksi tingkat sedimentasi di saluran irigasi Rayap;
2. Dapat mengetahui perubahan saluran dan arus yang terjadi di saluran irigasi Rayap;
3. Dapat dijadikan salah satu sarana referensi dalam upaya tindakan penanganan tepat dalam bencana longsor tahunan yang sering terjadi dan mengganggu kinerja saluran irigasi dalam mengaliri area persawahan.

1.5 Batasan masalah

Dalam perencanaan analisis simulasi sedimentasi di saluran irigasi Rayap Tersier II menggunakan program HEC-RAS v.5.0.3, akan dibatasi masalah dalam hal berikut:

1. Analisis sedimentasi dilakukan dalam satu dimensi menggunakan program HEC-RAS dalam akumulasi 1 tahun.
2. Model yang direncanakan hanya terdapat pada saluran irigasi Rayap Tersier II sebagaimana yang terkena longsor lereng bukit.
3. Pengendalian yang dilakukan hanya mencakup evaluasi profil saluran, akumulasi sedimen dan analisis perencanaan pengendalian secara berkala.

BAB 2. LANDASAN TEORI

2.1 Jaringan Irigasi

Jaringan irigasi adalah satu kesatuan saluran dan bangunan yang diperlukan untuk pengaturan air irigasi, mulai dari penyediaan, pengambilan, pembagian, pemberian dan penggunaannya. Secara hirarki jaringan irigasi dibagi menjadi jaringan utama dan jaringan tersier. Jaringan utama meliputi bangunan, saluran primer dan saluran sekunder. Sedangkan jaringan tersier terdiri dari bangunan dan saluran yang berada dalam petak tersier. Suatu kesatuan wilayah yang mendapatkan air dari suatu jaringan irigasi disebut dengan Daerah Irigasi (Suroso, 2009).

2.1.1 Pembagian Jenis Saluran

Seperti yang telah dijelaskan di atas irigasi adalah suatu tindakan memindahkan air dari sumbernya ke lahan-lahan pertanian, adapun pemberiannya dapat dilakukan secara gravitasi atau dengan bantuan pompa air. Pada praktiknya ada 4 jenis irigasi ditinjau dari cara pemberian airnya:

- A. Irigasi gravitasi (*Gravitational Irrigation*) Irigasi gravitasi adalah irigasi yang memanfaatkan gaya tarik gravitasi untuk mengalirkan air dari sumber ke tempat yang membutuhkan, pada umumnya irigasi ini banyak digunakan di Indonesia, dan dapat dibagi menjadi: irigasi genangan liar, irigasi genangan dari saluran, irigasi alur dan gelombang.
- B. Irigasi bawah tanah (*Sub Surface Irrigation*) Irigasi bawah tanah adalah irigasi yang menyuplai air langsung ke daerah akar tanaman yang membutuhkannya melalui aliran air tanah. Dengan demikian tanaman yang diberi air lewat permukaan tetapi dari bawah permukaan dengan mengatur muka air tanah.
- C. Irigasi siraman (*Sprinkler Irrigation*) Irigasi siraman adalah irigasi yang dilakukan dengan cara meniru air hujan dimana penyiramannya dilakukan dengan cara pengaliran air lewat pipa dengan tekanan (4–6 Atm) sehingga dapat membasahi areal yang cukup luas. Pemberian air dengan cara ini dapat menghemat dalam segi pengelolaan tanah karena dengan pengaliran ini tidak

diperlukan permukaan tanah yang rata, juga dengan pengairan ini dapat mengurangi kehilangan air disaluran karena air dikirim melalui saluran tertutup.

- D. Irigasi tetesan (*Trickler Irrigation*) irigasi tetesan adalah irigasi yang prinsipnya mirip dengan irigasi siraman tetapi pipa tersiernya dibuat melalui jalur pohon dan tekanannya lebih kecil karena hanya menetes saja. Keuntungan sistem ini yaitu tidak ada aliran permukaan.

2.1.2 Klasifikasi Jaringan Irigasi

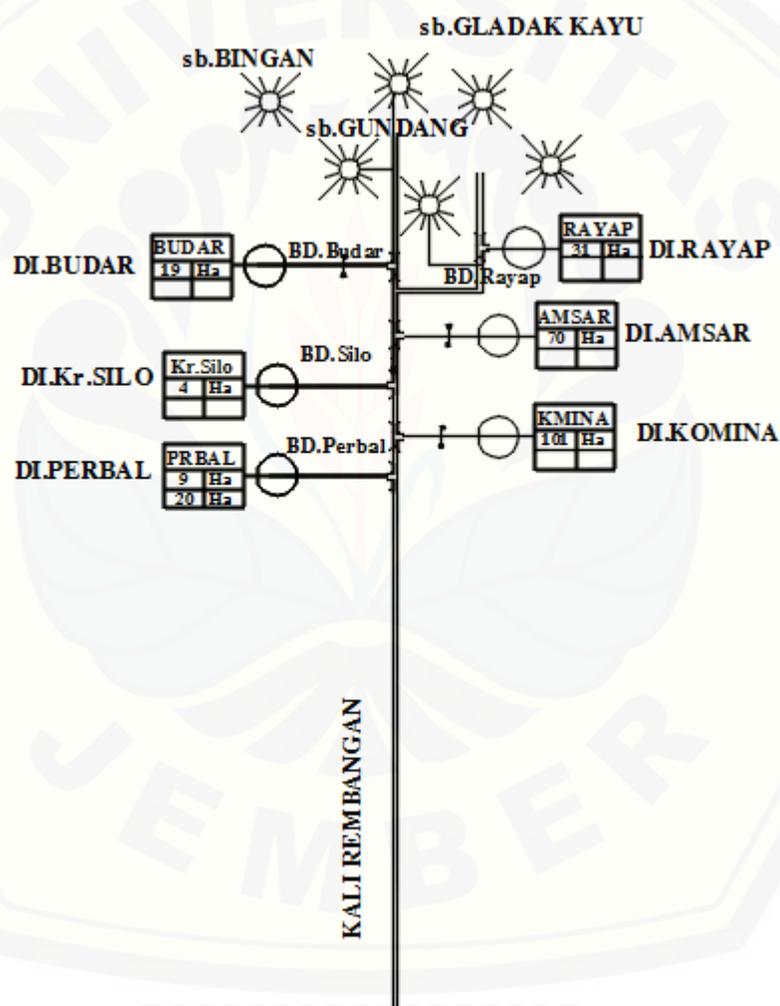
Klasifikasi Jaringan Irigasi Berdasarkan cara pengaturan, pengukuran, serta kelengkapan fasilitas, jaringan irigasi dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) jenis, yaitu (1) jaringan irigasi sederhana, (2) jaringan irigasi semi teknis dan (3) jaringan irigasi teknis. Karakteristik masing-masing jenis jaringan diperlihatkan pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Klasifikasi jaringan irigasi

	Teknis	Semi Teknis	Sederhana
Bangunan utama	Bangunan permanen	Bangunan permanen atau Semi permanen	Bangunan Sederhana
Kemampuan dalam mengukur dan mengatur debit	Baik	Sedang	Tidak mampu mengatur/mengukur
Petak tersier	Dikembangkan sepenuhnya	Belum dikembangkan dentitas bangunan tersier jarang	Belum ada bangunan terpisah yang dikembangkan
Effisiensi secara keseluruhan	50-60%	40-50%	40%
Ukuran	Tidak ada batasan	< 2000 hektar	< 500 hektar

Sumber: Perencanaan Irigasi KP 01

Saluran primer membawa air dari bendung ke saluran sekunder dan petak tersier. Saluran sekunder membawa air dari saluran primer ke saluran tersier yang dilayani oleh saluran sekunder. Saluran tersier membawa air pembuangan sadap tersier ke petak tersier yang terdiri dari saluran pembuangan tersier dan jaringan saluran pembuangan utama. Bentuk skema operasi seperti yang terlihat pada gambar berikut ini:



Gambar 2.1 Skema Operasi SDA Wilayah Patrang (Sumber: Arsip Dinas Pengamatan SDA Wilayah Patrang Tahun 2016).

2.2 Sedimentasi Sungai

Sedimentasi dasar sungai biasanya tersusun oleh endapan dari material berupa partikel sedimen yang terbawa oleh aliran sungai material tersebut dapat terangkut kembali, apabila kecepatan aliran cukup tinggi. Besarnya volume sedimen terutama tergantung dari perubahan kecepatan aliran, karena perubahan pada musim penghujan, maupun musim kemarau, serta perubahan kecepatan yang dipengaruhi aktivitas manusia (Schuring, 1997).

Perubahan volume sedimen adalah terjadinya penggerusan (degradasi) di beberapa tempat serta pendangkalan (agradasi) di tempat lain pada dasar sungai, dengan demikian pada umumnya bentuk dasar sungai akan berubah. Apabila air mengalir pada suatu alur (sungai atau saluran), maka air tersebut akan menyebabkan pengikisan (*scour*) pada permukaan tanahnya. Partikel-partikel tanah yang berupa lumpur (*sediment*), kerikil, mau pun kerikil agak besar diameternya dapat terlepas dari dasar alur (*bed*) atau tebing (*bank*), partikel tersebut akan terbawa oleh aliran air dan peristiwa ini disebut "Pengangkutan sedimen (*Sediment transport*)". Sedimentasi ini meliputi proses transportasi dan deposisi (pengerasan) yang terjadi pada suatu wilayah aliran sungai. Ada 3 (tiga) macam pergerakan angkutan sedimen yaitu:

1. *Bed load transport* yaitu partikel kasar yang bergerak di sepanjang dasar sungai secara keseluruhan disebut dengan *bed load*. Adanya *bed load* ditunjukkan oleh gerakan partikel di dasar sungai yang ukurannya besar, gerakan itu dapat bergeser, menggelinding atau meloncat-loncat, akan tetapi tidak pernah lepas dari dasar sungai.
2. *Wash load transport* adalah angkutan partikel halus yang dapat berupa lempung (*silk*) dan debu (*dust*), yang terbawa oleh aliran sungai. Partikel ini akan terbawa aliran sampai ke laut, atau dapat juga mengendap pada aliran yang tenang atau pada air yang tergenang.
3. *Suspended load transport* merupakan material dasar sungai (*bed material*) yang melayang di dalam aliran dan terutama terdiri dari butir pasir halus yang senantiasa mengambang di atas dasar sungai, karena selalu didorong oleh

turbulensi aliran. *Suspended load* itu sendiri umumnya bergantung pada kecepatan jatuh atau lebih dikenal dengan *fall velocity*.

Sedangkan angkutan sedimen berdasarkan asalnya dibagi menjadi dua (2) macam:

1. Muatan material dasar atau bed material transport, dimana asal materialnya dari saluran sendiri. Angkutan sedimen ini dapat berupa *bed load* dan *suspended load*.
2. Muatan bilas atau *wash load* yang materialnya datang dari sumber-sumber luar saluran merupakan akibat dari erosi di hulu. Angkutan *wash load* pada umumnya merupakan *suspended load*.

2.3 Penelusuran Sedimentasi saluran dengan HEC-RAS

Software HEC-RAS memiliki kemampuan untuk memprediksi kapasitas transportasi untuk sedimen non-kohesif pada satu atau lebih dari satu penampang berdasarkan parameter hidrolis yang ada dan sifat sedimen dasar yang sudah diidentifikasi. Sebelum HEC-RAS dapat menyimulasikan transpor sedimen, hidrolis sungai harus didefinisikan terlebih dahulu.

2.3.1 Perhitungan kapasitas angkutan

Kapasitas angkutan sedimen adalah berapa banyak material dari ukuran sedimen tertentu yang dapat diangkut oleh air. Kapasitas angkut sedimen dihitung dengan salah satu dari beberapa rumus sediment transport yang terdapat pada program HEC-RAS. Ada tujuh persamaan daya angkut sedimen pada software HEC-RAS

1) Ackers and White

Persamaan ini merupakan fungsi *total load* yang dikembangkan berdasarkan asumsi bahwa angkutan sedimen halus berhubungan dengan fluktuasi turbulen air dan angkutan sedimen kasar berhubungan erat dengan gaya geser atau dalam variabel disebut dengan kecepatan rata-rata. Sedimen halus yang dimaksud adalah lanau berukuran kurang dari 0,04 mm dan sedimen kasar berukuran lebih dari 2,5 mm.

$$X = \frac{G_{gr} s d_s}{D \cdot \left(\frac{u_*}{V}\right)^n} \dots\dots\dots [2.1]$$

dengan,

- X = konsentrasi sedimen
- G_{gr} = parameter transport sedimen
- S = specific gravity sedimen
- d_s = nilai tengah diameter partikel
- D = kedalaman efektif
- U_* = kecepatan geser
- V = kecepatan saluran rata-rata

2) England Hansen

Rumus ini merupakan fungsi prediksi total load yang hasilnya cukup untuk sungai berpasir dengan substansi angkutan melayang. Percobaan dari persamaan ini berasal dari data flume dengan ukuran sedimen 0,19 mm sampai 0,93 mm.

$$g_s = 0,05 \gamma_s V^2 \sqrt{\frac{d_{50}}{g \left(\frac{\gamma_s}{\gamma} - 1\right)}} \left[\frac{\tau_0}{(\gamma_s - \gamma) d_{50}} \right]^{3/2} \dots\dots\dots [2.2]$$

dengan,

- g_s = unit sediment transport
- γ = berat jenis air
- γ_s = berat jenis sedimen
- v = kecepatan rata-rata saluran
- τ = tegangan geser dasar
- d_{50} = ukuran partikel 50%

3) Laursen-Copeland

Fungsi prediksi angkutan sedimen total ini diturunkan dari kombinasi analisis kualitatif, eksperimen langsung, dan data pendukung. Rentang ukuran nilai tengah sedimen yang diaplikasikan antara 0,11 mm sampai 29 mm.

$$C_m = 0,01 \gamma \left(\frac{d_s}{D}\right)^{7/6} \left(\frac{\tau_0}{\tau_c} - 1\right) f\left(\frac{u_*}{\omega}\right) \dots\dots\dots [2.3]$$

dengan:

- C_m = konsentrasi aliran sedimen
- γ = berat jenis air
- d_s = nilai tengah diameter partikel
- D = kedalaman efektif
- τ_0 = tegangan geser halus
- τ_c = tegangan geser kritis
- $f(u^*/\omega)$ = fungsi dan kecepatan rasio kecepatan geser dan jauh

4) Meyer-Peter Muller

$$\left(\frac{k_r}{k'_r}\right)^{3/2} \gamma RS = 0,047(\gamma_s - \gamma)d_m + 0,25 \left(\frac{\gamma}{g}\right)^{1/3} \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma_s}\right)^{2/3} g_s^{2/3} \dots[2.4]$$

dengan:

- g_s = *unit sediment transport rate* dalam berat/waktu/lebar
- k_r = koefisien kekasaran
- k'_r = koefisien kekasaran berdasarkan butiran
- γ = berat jenis air
- γ_s = berat jenis sedimen
- g = percepatan gravitasi
- d_m = nilai tengah diameter partikel
- R = radius hidrolis
- S = gradien energi

5) Toffaleti

Zona rendah

$$g_{ssL} = M \frac{\left(\frac{R}{11,24}\right)^{1+n_v-0,756z}}{1+n_v-0,756z}$$

Zona tengah

$$g_{ssM} = M \frac{\left(\frac{R}{11,24}\right)^{0,244z} \left[\left(\frac{R}{2,5}\right)^{1+n_v-z} - \left(\frac{R}{11,24}\right)^{1+n_v-z} \right]}{1+n_v-z}$$

Zona atas

$$g_{ssU} = M \frac{\left(\frac{R}{11,24}\right)^{0,244z} \left(\frac{R}{2,5}\right)^{0,5z} \left[R^{1+n_v-1,5z} - \left(\frac{R}{2,5}\right)^{1+n_v-1,5z} \right]}{1+n_v-1,5z} \dots\dots [2.5]$$

Zona dasar

$$g_{sb} = M(2d_m)^{1+n_v+0,756z}$$

$$M = 43,2C_L(1+n_v)VR^{0,756z-n_v}$$

$$g_s = g_{ssL} + g_{ssM} + g_{ssU} + g_{sb}$$

dengan:

g_{ssL}	= angkutan sedimen melayang pada zona rendah
g_{ssM}	= angkutan sedimen melayang pada zona tengah
g_{ssU}	= angkutan sedimen melayang pada zona atas
g_{sb}	= angkutan sedimen dasar
g_s	= angkutan sedimen total
M^{\wedge}	= parameter konsentrasi sedimen
C_L	= konsentrasi sedimen pada zona rendah
R	= radius hidrolis
d_m	= nilai tengah diameter partikel
z	= nilai hubungan antara sedimen dan karakteristik hidrolis
n_v	= nilai temperatur

6) Yang

Untuk pasir $d_m < 2 \text{ mm}$

$$\log C_t = 5,435 - 0,286 \log \frac{\omega d_m}{v} - 0,457 \log \frac{u_*}{\omega} + \left(1,799 - 0,409 \log \frac{\omega d_m}{v} - 0,314 \log \frac{u_*}{\omega} \right) \log \left(\frac{VS}{\omega} - \frac{V_{cr} S}{\omega} \right) \dots \dots \dots [2.6]$$

Untuk kerikil $d_m \geq 2 \text{ mm}$

$$\log C_t = 6,681 - 0,633 \log \frac{\omega d_m}{v} - 4,816 \frac{u_*}{\omega} + \left(2,784 - 0,305 \log \frac{\omega d_m}{v} - 0,282 \log \frac{u_*}{\omega} \right) \log \left(\frac{VS}{\omega} - \frac{V_{cr} S}{\omega} \right) \dots \dots \dots [2.7]$$

dengan:

- | | |
|----------|----------------------------------|
| C_t | = total konsentrasi sedimen |
| ω | = kecepatan jatuh partikel |
| d_m | = nilai tengah diameter partikel |
| v | = kecepatan kinematik |
| u_* | = kecepatan geser |
| V | = rata-rata kecepatan saluran |

7) Wilcock

Pemilihan metode ini berdasarkan pada data *initial condition* berdasarkan data pada masing-masing metode sebelumnya. Data tersebut diterangkan pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Rentang data pemilihan metode transpor sedimen

Fuction	d	Dm	s	V	D	S	W	T
Ackers-White (Flume)	0.04-7.0	NA	NA	0.07-7.1	0.01-1.4	0.00006-0.037	0.23-4.0	46-89
England-Hansen (Flume)	NA	0.19-0.93	NA	0.65-6.34	0.19-1.33	0.000055-0.019	NA	45-93
Laursen (Field)	NA	0.08-0.7	NA	0.068-7.8	0.67-54	0.0000021-0.0018	63-3640	32-93
Laursen (Flume)	NA	0.011-29	NA	0.7-9.4	0.03-3.6	0.00025-0.025	0.25-6.6	46-83
Meyer-Peter Muller (Flume)	0.4-29	NA	1.25-4.0	1.2-9.4	0.03-3.9	0.0004-0.02	0.5-6.6	NA
Tofaletti (Field)	0.062-4.0	0.095-0.76	NA	0.7-7.8	0.07-56.7R	0.000002-0.0011	63-3640	32-93
Tofaletti (Flume)	0.062-4.0	0.45-0.91	NA	0.7-6.3	0.07-1.1R	0.00014-0.019	0.8-8	40-93
Yang (Field-Sand)	0.15-1.7	NA	NA	0.8-6.4	0.04-50	0.000043-0.028	0.44-1750	32-94
Yang (Field-gravel)	2.5-7.0	NA	NA	1.4-5.1	0.08-0.72	0.0012-0.029	0.44-1750	32-94

(Sumber: *US Army Corps of Engineers*. 2016 b)

dengan:

- d = semua diameter partikel (mm)
- d_m = nilai tengah diameter partikel (mm)
- s = spesifik gravity sedimen
- V = kecepatan rata-rata penampang (fps)

- D = kedalaman penampang (ft)
- S = kemiringan garis energi
- W = lebar saluran (ft)
- T = suhu air (°F)
- R = jari-jari hidrolis (ft)
- NA = data tidak ditentukan

2.4 Penentuan Debit Saluran

Debit aliran sungai diperoleh dengan cara pengukuran luas penampang basah limpasan air sungai dan kecepatan limpasan air sungai pada masing-masing outlet saluran yang telah ditentukan, yang perhitungannya menggunakan persamaan umum (Chow, 1988) yaitu:

$$Q = V A \dots\dots\dots[2.8]$$

dengan:

- Q = debit limpasan air sungai (m/detik),
- V = kecepatan limpasan air sungai (m/detik),
- A = luas penampang basah limpasan air sungai (m²)

Tabel 2.2 Kriteria debit saluran

Kriteria	Debit maks	Debit min	Debit rata-rata	Rasio maks/min (KRS)
Buruk	>1,50	< 0,015	<0,035	>100
Baik	1,00	0,018	0,040	<55,5
Sangat baik	< 0,87	>0,020	>0,047	<43,5

Sumber: Handayani & Indrajaya, 2011

Tabel 2.3 Nilai koefisien Manning berdasarkan HEC-RAS reference manual

No.	Tipe Saluran dan Penjelasan	Nilai Manning n
1	Saluran Utama	
	a. Bersih, lurus, lebar, tidak ada retakan atau jauh dari genangan	0.025-0.033
	b. Sama seperti diatas, tapi banyak batu dan rumput liar	0.030-0.040

- | | | |
|----|--|--------------|
| c. | Bersih, berkelok-kelok, sedikit genangan dan endapan | 0.033-0.045 |
| d. | Sama seperti diatas, tetapi ada rumput liar dan batu | 0.0035-0.050 |
| e. | Sama seperti diatas, stadium rendah, banyak lereng yang tidak elektif dan bagian | 0.040-0.055 |
| f. | Sama seperti poin “d” , tetapi banyak batu | 0.045-0.060 |
| g. | Jangkauan rendah, berlumpur, jauh dari genangan | 0.050-0.080 |
| h. | Daerah sangat berumput, jauh dari genangan, atau banjir dengan angkatan kayu dan semak | 0.070-0.150 |
| 2 | Dataran Banjir | |
| a. | Berumput Tanpa Semak | |
| | • Rumput pendek | 0.025-0.035 |
| | • Rumput panjang | 0.030-0.050 |
| b. | Daerah Budidaya | |
| | • Tanpa Tanaman | 0.020-0.040 |
| | • Tanaman Dibariskan | 0.025-0.045 |
| | • Tanaman perkebunan | 0.030-0.050 |
| c. | Semak-semak | |
| | • Semak tersebar | 0.035-0.070 |
| | • Semak muda dan pepohonan, di musim dingin | 0.035-0.060 |
| | • Semak muda dan pepohonan, di musim panas | 0.040-0.080 |
| | • Semak belukar sedang, di musim dingin | 0.045-0.110 |
| | • Semak belukar di musim panas | 0.070-0.160 |
| d. | Pepohonan | |
| | • Daerah yang bersih dengan pohon-pohon tunggal, tanpa tunas | 0.030-0.050 |

- Sama seperti diatas, tapi tinas lebat

0.050-0.080

Sumber: Van Te Chow, 1988

2.5 Aliran Saluran Irigasi

Menurut (Rachman, 2009) aliran pada saluran terbuka terklasifikasi menjadi 3 macam, ketiga jenis aliran tersebut dijelaskan sebagai berikut:

a. Aliran seragam dan berubah

Jika kecepatan aliran pada suatu waktu dan tidak berubah pada saluran, maka aliran tersebut dikategorikan sebagai aliran seragam (*uniform flow*). Namun, jika kecepatan aliran mengalami perubahan pada jarak dan waktu tertentu maka aliran tersebut dikategorikan sebagai aliran tidak seragam (*varied flow*). Berdasarkan laju perubahan kecepatan terhadap jarak aliran diklasifikasikan lagi menjadi 2 macam yaitu aliran berubah lambat dan berubah tiba-tiba.

b. Aliran permanen dan tidak permanen

Jika kecepatan pada satu titik tidak berubah terhadap waktu maka aliran tersebut disebut dengan aliran permanen dan jika pada suatu lokasi mengalami perubahan terhadap waktu maka aliran digolongkan menjadi aliran tidak permanen.

c. Aliran laminar dan turbulen

Jika gerak partikel pada aliran bergerak mengikuti alur tertentu dan aliran tampak membentuk gerakan halus yang paralel maka aliran ini disebut dengan aliran laminar. Sedangkan gerak partikel yang bergerak pada aliran tidak beraturan yang ditinjau terhadap ruang maupun waktu maka aliran tersebut digolongkan sebagai aliran turbulen.

2.6 Pengukuran Kondisi Sedimen

2.6.1 Pengukuran Konsentrasi Sedimen

Pengukuran kadar sedimen tanah dasar atau *bed load*. Diukur dengan peletakan wadah di tiap segmen pembagi lintang profil dengan berat total hingga mencapai 500

gram, konsentrasi sedimen dihitung dengan memakai persamaan sebagai berikut (Chow, 1964):

$$C_s = \frac{G_2 - G_1}{V} \dots\dots\dots[2.9]$$

dengan:

- C_s = konsentrasi sedimen (mg/liter)
- G₂ = berat sedimen dan kertas filter dalam kondisi kering (mg)
- G₁ = berat kertas filter (mg)
- V = volume contoh sedimen (liter)

Tabel 2.2 Kualitas lingkungan berdasarkan konsentrasi sedimen dasar

Nilai kualitas	Komponen nilai dan Rentangan				
	Sangat jelek	Jelek	Sedang	Baik	Sangat Baik
Konsentrasi sedimen melayang (mg/L)	>500	250-500	100-250	0-100	0

Sumber: Kep. Men. KLH No. 2/1988

2.6.2 Pengukuran Gradasi Sedimen

Gradasi partikel sedimen berpengaruh besar dalam terjadinya angkutan sedimen. Kapasitas angkutan sedimen untuk semua ukuran merupakan penjumlahan dari kapasitas angkutan sedimen total.

$$g_s = \sum_{i=1}^n g_{si} P_i \dots\dots\dots[10]$$

dengan:

- g_s = angkutan sedimen total
- n = jumlah kelas ukuran sedimen
- g_{st} = angkutan sedimen ukuran i
- P_i = fraksi kelas ukuran i

Kelas ukuran sedimen berdasarkan *American Geophysical Union* untuk penggolongan butiran gradasi yang digunakan sebagai pada software HEC-RAS ditunjukkan oleh Tabel 2.3

Tabel 2.3 Klasifikasi ukuran partikel sedimen

Material Sedimen	Kisaran Diameter Butiran(mm)	Nilai Tengah Diameter (mm)
Lumpur	0.002-0.004	0.003
Lanau sangat halus	0.004-0.008	0.006
Lanau halus	0.008-0.016	0.011
Lanau sedang	0.016-0.032	0.023
Lanau kasar	0.032-0.0625	0.045
Pasir sangat halus	0.0625-0.125	0.088
Pasir halus	0.125-0.250	0.177
Pasir sedang	0.250-0.5	0.354
Pasir kasar	0.5-1.0	0.707
Pasir sangat kasar	1-2	1.41
Kerikil sangat halus	2-4	2.83
Kerikil halus	4-8	5.66
Kerikil sedang	8-16	11.3
Kerikil kasar	16-32	22.6
Kerikil sangat kasar	32-64	45.3
Batu kecil	64-128	90.5
Batu besar	128-256	181
Batu kecil	256-512	362
Batu sedang	512-1024	724
Batu besar	1024-2048	1448

(Sumber: *US Army Corps of Engineers*. 2016)

2.7 HEC-RAS

2.7.1 Simulasi dengan Software HEC-RAS v 5.0.3

Aplikasi HEC-RAS pada akhirnya akan memuat tiga komponen analisis hidrolika satu dimensi untuk:

1. Perhitungan profil muka air aliran seragam (*Steady flow*),

2. Simulasi aliran tidak seragam, (*Unsteady flow*)
3. Perhitungan transport sedimen dengan batas yang bisa dipindahkan.

Ketiga komponen tersebut akan menggunakan representasi data geometri serta perhitungan hidrolika dan geometri seperti pada umumnya untuk perhitungan *transport* sedimen. Terdapat hal penting dalam membuat simulasi hidrolika dengan menggunakan HEC-RAS:

- 1) Memasukkan data geometri;
- 2) Memasukkan data aliran dan kondisi batas;
- 3) Melakukan perhitungan hidrolika;
- 4) Menampilkan dan mencetak hasil dalam bentuk data dan grafik.

2.7.2 Formulasi HEC-RAS

A. Perhitungan debit penampang sungai

Besarnya debit dihitung dengan koefisien *Manning* terhadap profil saluran yang dicocokkan mengacu pada persamaan [2.10]:

$$Q = K S_f^{1/2}$$

$$K = 1/n AR^{2/3} \dots\dots\dots[2.10]$$

dengan:

- | | |
|-----|--------------------------------------|
| K | = <i>Conveyance for subdivison</i> |
| n | = koefisien kekasaran <i>Manning</i> |
| A | = Luas tampang |
| R | = Jari-jari hidrolis |

B. Evaluasi kehilangan akibat gesekan (*Friction Loss*)

Friction loss dievaluasi dalam program HEC-RAS sebagai hasil dari kemiringan garis energi S_f dan panjang L , dengan S_f adalah representatif dari *friction slope* untuk sungai dan panjang L yang didefinisikan pada persamaan di atas. *Friction*

slope pada tiap-tiap penampang melintang dihitung dari persamaan *Manning* sebagai berikut:

$$S_f = (Q/K)^2 \dots\dots\dots[2.11]$$

dengan:

- S_f = Kehilangan energi akibat gesekan
- Q = Debit aliran
- K = *Conveyance for subdivision*

C. Evaluasi kehilangan akibat kontraksi dan pelebaran

Evaluasi kehilangan akibat kontraksi dan pelebaran kehilangan akibat kontraksi dan pelebaran dalam program HEC-RAS dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Apriliasyah, 2014):

$$H_{ce} = C \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} - \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} \dots\dots\dots[2.12]$$

dengan:

- H_{ce} = kehilangan energi
- C = koefisien kontraksi dan pelebaran
- α = koefisien kecepatan
- v = kecepatan
- g = percepatan gravitasi

Tabel 2.5 Koefisien penyempitan dan pelebaran tampang

	Penyempitan	Pelebaran
Tidak berubah	0,0	0,0
Masa berangsur-angsur	0,1	0,3
Karena ada Jembatan	0,3	0,5
Tiba-tiba	0,6	0,8

Sumber: HEC-RAS *References Manual* (2016)

2.8 Analisis Kerja

2.8.1 *Sediment Transport / Movable Boundary Computations*

HEC-RAS mampu membantu menyimulasikan transpor sedimen satu dimensi (simulasi perubahan dasar sungai) akibat gerusan atau deposisi dalam waktu yang

cukup panjang (umumnya tahunan, namun dapat pula dilakukan simulasi perubahan dasar sungai akibat sejumlah banjir tunggal). Potensi *transport* sedimen dihitung berdasarkan fraksi ukuran butir sedimen sehingga memungkinkan simulasi dilakukan. Fitur utama modul *transport* sedimen mencakup kemampuan untuk mensimulasikan suatu jaringan (*network*) sungai, *dredging*, berbagai alternatif tanggul, dan pemakaian berbagai persamaan (empiris) *transport* sedimen.

2.8.2 Penyimpanan Data dan Manajemen Data

Manajemen data dilakukan melalui *user interface*, untuk menuliskan satu nama file untuk *project* yang sedang dia buat. HEC-RAS akan menciptakan beberapa file secara otomatis (file-file: *plan*, *geometry*, *steady flow*, *unsteady flow*, *output*, *etc.*) dan menamainya sesuai dengan nama *file project* yang dituliskan oleh pemakai. Penggantian nama file, pemindahan lokasi penyimpanan file, penghapusan file dilakukan oleh pemakai melalui fasilitas *interface*; operasi tersebut dilakukan berdasarkan *project-by-project*. Penggantian nama, pemindahan lokasi penyimpanan, ataupun penghapusan file yang dilakukan dari luar HEC-RAS (dilakukan langsung pada folder), biasanya akan menyebabkan kesulitan pada saat pemakaian HEC-RAS karena perubahan yang dilakukan dari luar HEC-RAS tersebut kemungkinan besar tidak dikenali oleh HEC-RAS.

2.8.3 Grafik dan Pelaporan

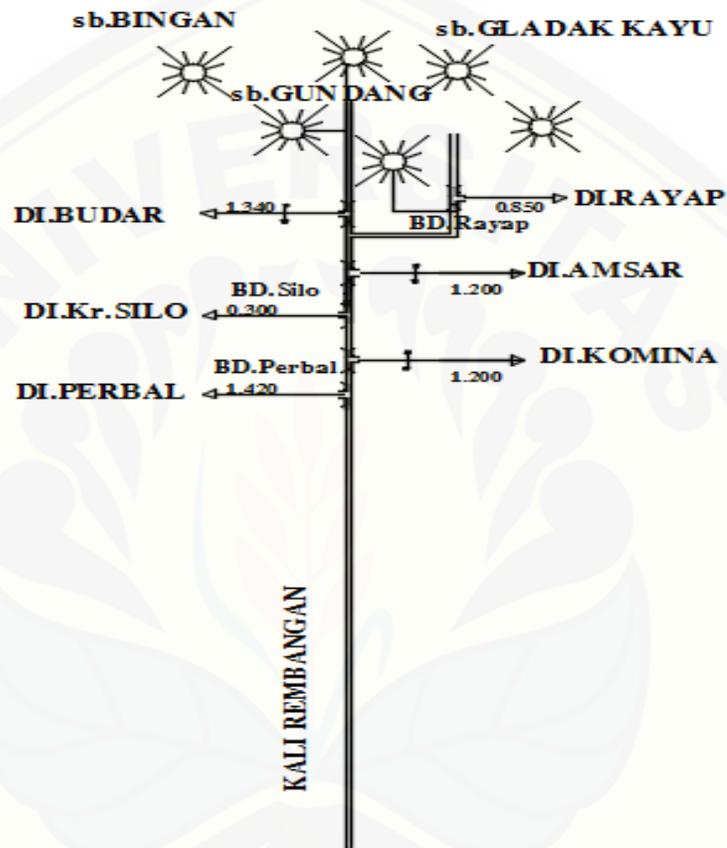
Fasilitas grafik yang disediakan oleh HEC-RAS mencakup grafik X-Y alur sungai, tampang lintang, *rating curves*, hidrograf, dan grafik-grafik lain yang merupakan plot X-Y berbagai variabel hidraulik. HEC-RAS menyediakan pula fitur plot 3D beberapa tampang lintang sekaligus. Hasil keluaran simulasi dapat pula ditampilkan dalam bentuk tabel, untuk memilih antara memakai tabel yang telah disediakan oleh HEC-RAS atau membuat/mengedit tabel sesuai kebutuhan. Grafik dan tabel dapat ditampilkan di layar, dicetak, atau di-*copy* ke *clipboard* untuk dimasukkan ke dalam program aplikasi lain (*word processor*, *spreadsheet*). Fasilitas pelaporan pada HEC-RAS dapat berupa pencetakan data masukan dan keluaran hasil pada printer atau *plotter*.

2.9 Organisasi Data

Simulasi aliran memakai HEC-RAS memerlukan sejumlah file, terdiri dari *file data*, *file run*, serta *file output*. File-file dalam HEC-RAS yang mencerminkan suatu simulasi aliran di sungai dirangkum dalam suatu *project*. Sebuah *project* merupakan kompilasi satu set file data yang merepresentasikan simulasi sungai yang sedang dikaji. *Project* dapat diberi nama sesuai dengan nama sungai yang disimulasikan. Dengan *project* ini, pemakai HEC-RAS mengaplikasikan seluruh atau sebagian kemampuan HEC-RAS untuk melakukan analisis hidraulika.

File data yang diperlukan untuk menyusun suatu simulasi aliran adalah data plan, data geometri, data aliran, data desain hidraulika, dan data sedimen. Data plan, data geometri, dan data aliran adalah tiga data yang harus ada. Data plan menyimpan informasi untuk mengendalikan simulasi aliran (*run data*) seperti data geometri, data aliran, *computational time step*, dan *simulation time*. Data geometri menyimpan informasi geometri sungai, yaitu alur, tampang lintang, dan tampang memanjang sungai. Data aliran menyimpan informasi debit dan syarat batas; data aliran dapat berupa data aliran permanen (untuk melakukan simulasi aliran permanen) atau tak permanen (untuk melakukan simulasi aliran tak permanen). Data desain hidraulika diperlukan apabila pemakai melakukan suatu desain hidraulika yang diujicobakan untuk disimulasikan. Data sedimen diperlukan untuk melakukan simulasi *transport* sedimen.

Skema jaringan irigasi yang berada di daerah irigasi Rayap Utara hanya memiliki 2 saluran tersier dan 1 saluran pembuangan. Saluran yang akan diteliti adalah mengenai saluran tersier II Rayap yang dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Skema konstruksi jaringan irigasi Rayap (Sumber: Data Dokumentasi UPT Juru Pengairan Darsono, 2016)

Saluran irigasi Rayap memiliki 2 saluran tersier yang alirannya langsung didistribusikan pada 2 area persawahan yang terdapat pada Desa Renteng. Karena rentannya gerusan dinding saluran disertai dengan pentingnya pasokan air maka akan dilakukan analisis sedimentasi untuk mengetahui seberapa besar tingkat sedimentasi yang terjadi saat terjadi pendangkalan profil maupun timbunan sedimen yang dapat memengaruhi debit aliran yang dibutuhkan.

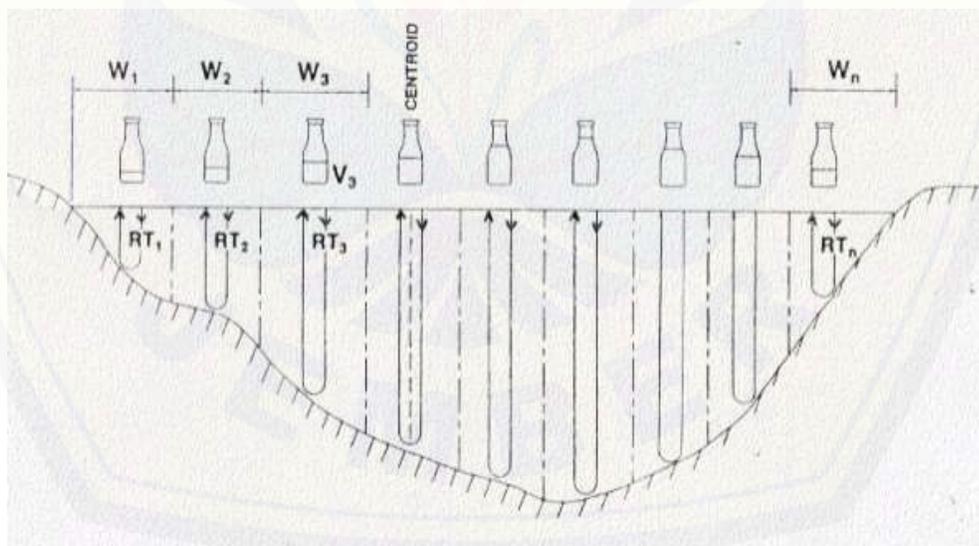
3.2 Prosedur Penelitian

3.2.1 Data Primer

Data primer merupakan yang didapat berdasarkan pengamatan lapangan. Data primer yang didapat merupakan data hasil observasi dan data pengamatan yang dilakukan di saluran irigasi Rayap Tersier II. Data yang diobservasi antara lain:

1. Pengambilan sedimen

Metode pengambilan sampel sedimen dilakukan dengan metode *point sample* dan *depth integrated* yaitu metode dengan cara membagi lebar penampang melintang saluran irigasi menjadi beberapa bagian yang sama tergantung dari jumlah sampel yang akan diambil di tiap-tiap titik percontohan. Pada umumnya diambil 1 titik per 50 m. Pengambilan sampel terletak pada tengah-tengah dari bagian penampang atau profil saluran. Lama waktu pengambilan ditentukan berdasarkan kecepatan aliran dan dimensi saluran yang digunakan. Volume sampel diambil 500 gram tiap bagian. Tahapan pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Cara pengambilan sampel sedimen (Sumber: Widyawarta, 2010)

2. Data Sedimentasi Sungai dengan Mengadakan Uji Analisis Saringan

Pelaksanaan uji analisis saringan dilakukan di laboratorium Geologi dan Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Jember. Alat yang digunakan dalam uji analisis saringan adalah sebagai berikut (SNI 3423: 2008).

- a) Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk 110°C
- b) Satu set saringan dengan beberapa diameter ukuran
- c) Timbangan berat benda uji
- d) Mesin pengguncang saringan
- e) Talam, kuas, sikat, sendok dan alat lainnya

Adapun tahapan dalam analisis saringan sebagai berikut:

- a. Benda uji dikeringkan dengan oven pada suhu 110°C
- b. Saringan disusun dengan ukuran saringan yang besar ada pada bagian atas
- c. Sampel benda uji dimasukkan ke dalam saringan dan diguncang selama ± 15 menit

Setelah dilakukan uji analisis saringan, maka ditampilkan dalam Tabel 3.1 dengan rincian sebagai berikut:

- 1) Jumlah berat tertahan untuk masing-masing ukuran saringan;
- 2) Jumlah prosentase berat benda uji tetahan terhadap berat total secara kumulatif;
- 3) Jumlah persentase berat benda uji yang melalui masing-masing saringan;
- 4) Grafik analisis saringan berdasarkan diameter butiran dan kumulatif prosentase lolos saringan.

Tabel 3.1 Analisis saringan berdasarkan diameter butiran

No.	Nomor Ayakan	Diameter Lubang (mm)
1	4	4.750
2	6	3.350
3	8	2.360
4	10	2.000
5	16	1.180
6	20	0.850
7	40	0.600
8	50	0.425
9	60	0.300
10	80	0.180
11	100	0.150
12	140	0.106
13	170	0.088
14	200	0.075
15	270	0.053

Sumber: ASTM C- 136- 46

3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data olahan yang diperoleh dari dinas-dinas terkait dalam penelitian ini dinas yang dijadikan narasumber adalah UPTD Sumber Daya Air, wilayah Patrang. Data-data yang diperoleh meliputi:

1. Data debit aliran
2. Peta skema konstruksi dan operasi
3. Data inventarisai

3.3 Pengolahan Data

Data diolah dengan program HEC-RAS membutuhkan variabel-variabel yang sudah didapat baik dari data primer maupun data sekunder. Kemudian data tersebut akan digunakan untuk variabel masukan (*input*) dan dapat digunakan dalam proses *running* simulasi sedimentasinya.

3.3.1 Skematisasi simulasi dan input data

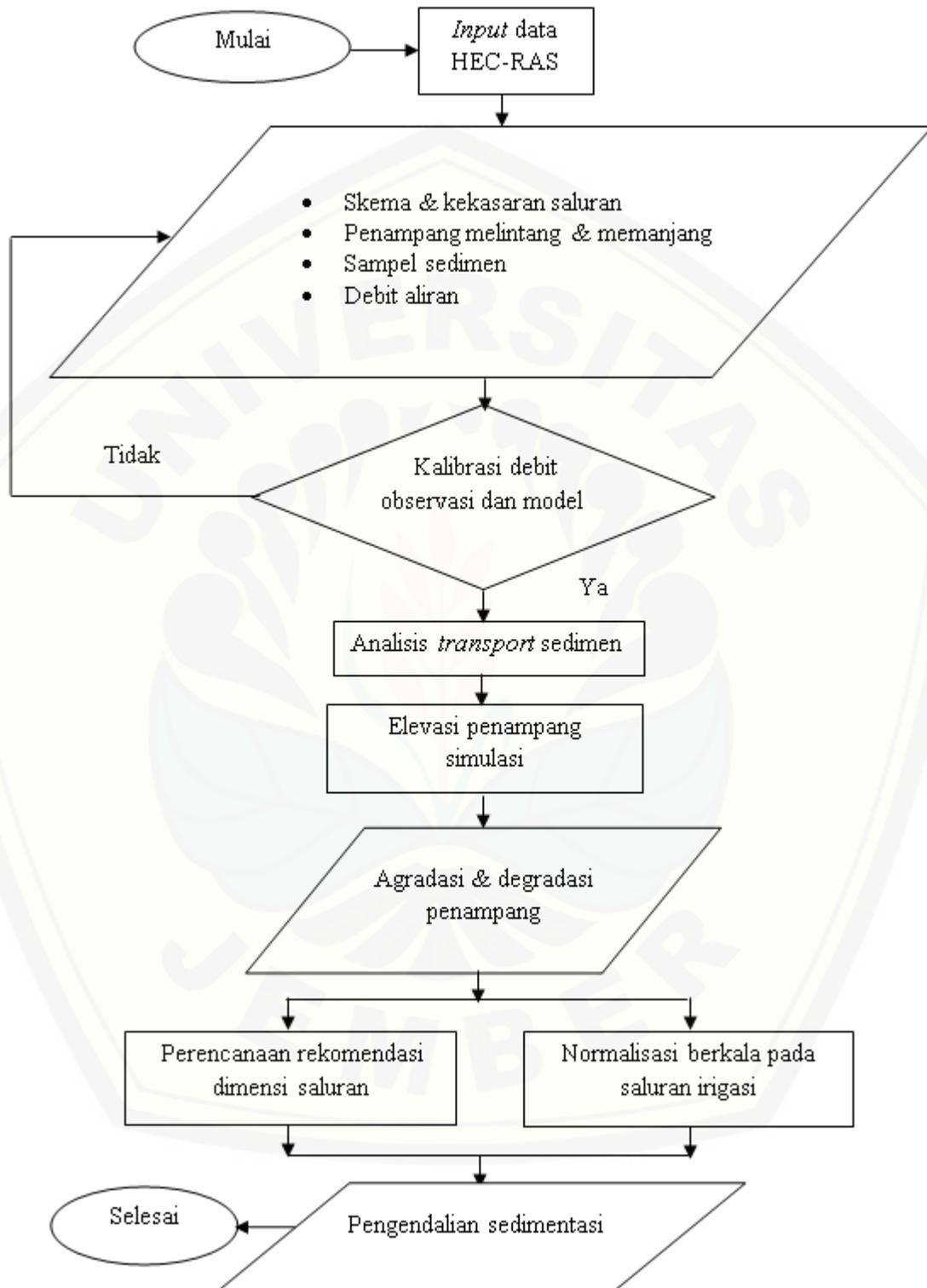
Data yang telah diolah ke dalam program HEC-RAS menggunakan *input* data geometri dan transport sedimen. Data yang dimasukkan antara lain adalah *flow* atau debit dan total *load* atau angkutan sedimen.

3.3.2 *Running* program

Running dilakukan menggunakan program HEC-RAS 5.0.3 yang selanjutnya akan menghasilkan data sedimentasi dan bentuk penampang sedimentasinya dalam satu dimensi.

3.3.3 Evaluasi Hasil Analisis

Setelah melakukan *running* program tentunya akan didapat suatu kesimpulan dari hasil analisis sedimentasi, apakah akan terjadi degradasi yaitu apabila debit yang datang lebih kecil daripada transport sedimen ataukah aggradasi yaitu apabila debit yang datang lebih besar dari pada transport sedimen.



Gambar 3.4 Diagram alir pelaksanaan penelitian

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis penelitian yang telah diuji, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Terjadi proses sedimentasi pada saluran irigasi Rayap tersier II dengan kategori butiran berdasarkan metode USCS adalah sedimen pasir halus seberat 1240.2 ton per tahun terjadi pada kecepatan aliran maksimal sebesar $0.376 \text{ m}^2/\text{detik}$ dengan debit rata-rata sebesar $0.0276 \text{ m}^3/\text{detik}$. Efisiensi pengaliran yang terjadi pada saluran irigasi sebesar 77.358% atau kurang dari standar perencanaan saluran sebesar 90% dengan persentase kehilangan air akibat rembesan sebesar 0,0104 m^3/dtk per m saluran.
2. Perubahan dimensi saluran yang terjadi akibat proses aggradasi dan degradasi pada titik *stationing* dengan aggradasi tertinggi ada pada STA+20 sedangkan degradasi tertinggi pada STA+500. Hasil perencanaan dimensi profil (usulan) saluran irigasi Rayap tersier II terbuka tanpa pasangan berdasarkan hasil *running* adalah perbandingan tinggi dan lebar saluran di antara 1,8 – 2,5 m, dengan tinggi jagaan minimal sebesar 0,6 m dengan lebar puncak tanggul sebesar 1,5 m (jalan tanpa inspeksi). Dilengkapi dengan kebutuhan jadwal normalisasi saluran berupa pengerukan manual yang dilakukan sebanyak 12 bulan sekali di sepanjang saluran.

5.2 Saran

Penelitian ini perlu dilakukan pengujian debit hujan pada sungai Rembangan pada kala ulang (Q) tertentu untuk mengetahui tingkat kehilangan air akibat evaporasi serta porositas tanah, maka dari itu diperlukan penelusuran *transport* sedimentasi lanjutan pada sungai Rembangan dan evaluasi pintu *intake* yang rawan terjadi penyumbatan akibat sedimen dengan perhitungan desain kantung lumpur.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinegara, S. 2005. Volume Angkutan Sedimen Dipengaruhi Oleh Kecepatan Aliran E-Journal Undip. Volume 13, No. 2, Edisi XXXII Juni 2005.
- Alamsyah, R. 2016. Pengembangan dan Perencanaan Teknis Sistem Pengolahan Air Minum Kabupaten Sumedang. Bandung: 2253/1016/2016.
- A'In C., Muskananfolo, M., R., dan Pamuji, A. 2015 . Pengaruh Sedimentasi Terhadap Kelimpahan *Makrozoobenthos* di muaea Betahwalang Kabupaten Demak. *Jurnal saintek Perikanann vol. 10 No. 2 : 129-13.*
- Apriliansyah, B., Suprijanto, H., dan Taufiq, M. 2014. Pemodelan Awal Perencanaan Bendung Gerak Karangtalun dengan HEC-RAS. Mahasiswa Program Sarjana Teknik Jurusan Pengairan Universitas Brawijaya.
- Apriyanti, Y., dan Hambali, R. 2016. Studi Karakteristik Sedimen dan Laju Sedimentasi Sungai Daeng-Kabupaten Bangka Barat. *Jurnal Fropil vol.4 nomor 2 Juli-Des 2016.*
- Barid, B., Yacob, M. 2007. Perubahan Kecepatan Aliran Sungai Akibat Perubahan Pelurusan Sungai, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika Vol. 10, 16 No.1, 2007:14 – 20.*
- Budiman R., A. Sungai Meander atau Sungai yang Berkelok-kelok. Jurusan Teknik Sipil B. 03022281320102 diakses pada tanggal 16 Januari 2018 pukul 8.32 WIB.
- Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Kabupaten Jember. 2013. UPT Pengairan Kencong tahun 2013. Jember.
- Effendy. 2012. Disain Saluran Irigasi. *Pilar Jurnal Teknik Sipil*, Politeknik Negeri Sriwijaya volume 7, No 2, September 2012 ISSN:1907-6975.
- Guilford, J., P. 1956. *Fundamental Statistic in Psychology and Education. 3rd Ed.* New York: McGraw-Hill Book Company, Inc.

- 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)*.
- Istiarto. 2018. JTSL FT UGM – <http://istiarto.staff.ugm.ac.id/> diakses pada tanggal 17 September 2018 pukul 21.43 WIB
- Handayani, W., dan Indrajaya, Y. 2011. Analisis Hubungan Curah Hujan dan Debit Sub DAS Ngatabaru, Sulawesi Tengah. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam vol. 8 no.2: 143-153*.
- Hasibuan S., H., dan Panjaitan, D. 2011. Kajian Dimensi Saluran Primer Eksisting Daerah Irigasi Muara Jalai Kabupaten Kampar. *Jurnal Aptek Vol.3 No.2 Juli 2011, Universitas Riau*.
- Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Direktorat Irigasi dan Rawa. 2013. *Standar Perencanaan Irigasi: Bagian Perencanaan Jaringan Irigasi KP-01*.
- Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup no.2 tahun 1988 tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan – Baku Mutu Sumber Air Lampiran 1 hal 2.
- Koyari, E., Priyantiri, D., dan Sisingih, D. 2012. Pola Pengendalian Banjir Kawasan Bambu Kuning Kota Jayapura. *Jurnal Teknik Pengairan Volume 3 No 2 Desember 201, hlm 240-249*.
- Junaidi F.,F. 2014. Analisis Distribusi Kecepatan Aliran Sungai Musi (Ruas Jembatan Ampera Sampai Pulau Kemaro). *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan ISSN: 2355-3747X 542*.
- Lasminto, U., Muprabowo, C. 2013. Studi Angkutan Sedimen Sudetan Pelangwot-Sedayu Lawas Sungai Bengawan Solo. *Jurnal Teknik Pomits Vol. 3, (2013) ISSN: 2337-3539 (2301-9271)*.
- Mokinio, Sembiring A. E., Halim F. 2013. Analisis Sedimentasi di Muara Sungai Panesan. *Jurnal Sipil Statik vol.2 No.3 Maret (148-154) ISSN:2337-6732*
- Nayadapa, A. R., Sulakso, H. S., Santo, P., Nugroho, A. 2015. Perencanaan Sudetan untuk Penanggulangan Gerusan Tebing di Sungai Lusi. *Jurnal Karya Teknik Sipil, volume 4, Nomor 4, Tahun 2015, Halaman 21-33*.

- Ningrun. 2016. Perencanaan Bangunan Saluran Jaringan irigasi Way Meten Kabupaten Buru. *Project Work*.
- Prahawanti, S., Juwono, P. T., Prasetyorini, L. 2015. Studi Perencanaan Jaringan Irigasi dan Pola Kokok Koak Daerah Irigasi Kokok Koak Lombok Timur. *Jurnal Teknik Pengairan Universitas Brawijaya, Malang*.
- Rachman. 2009. thesis.binus.ac.id/doc/Bab2/2009-2-00431-SP%20Bab%202 diakses pada tanggal 18 September 2019 pukul 20.44 WIB.
- Ramadhan, F., dan Tarigan, A. P. M. 2012. Evaluasi Kinerja Saluran Jaringan Irigasi Jeuram Kabupaten Nagan Raya. *Jurnal staff pengajar Universitas Sumatera Utara, Medan*.
- Sadira, I., W., Manalip., H. Mananoma, T. 2013. Analisis Angkutan Sedimen pada Sungai Mansahan. *Jurnal Ilmiah Media Engineering vol.3 no,1, Maret 2013 ISSN 2087-9334 (54-57)*.
- Saud, I. 2008. Prediksi Sedimentasi Kali Mas Surabaya. *Jurnal Aplikasi ISSN: 1907-753X vol.4 no.1*.
- Saudaya. 2007. Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Banjir Sungai Sario di Titik Kawasan Citraland. *Jurnal Sipil Statik vol.5 no.3 Mei 2017 (143-150) ISSN: 2337: 6732*.
- Standart Nasional Indonesia. sni.balitbang.pu.go.id/3423-2008. Cara Uji Saringan Butiran Mekanika Tanah.
- Suroso, N. P. S., dan Pamuji, P. 2009. Evaluasi Kinerja Jaringan Irigasi Banjaran untuk Meningkatkan Efektifitas dan Efisiensi Pengelolaan Air Irigasi. *Dinamika TEKNIK SIPIL, Volume 7, Nomor 1, Januari 2007 : 55 – 62*.
- Sutopo. 2012. Kajian Perencanaan Saluran Tersier Dan Kuarter Pada Daerah Irigasi Ranah Singkuang Kecamatan Kampar Kabupaten Kampar. *Jurnal APTEK Vol. 4 No.2 Juli 2012*.
- Suyanto, I. C., Achmad, R. F. 2007. Analisis Tegangan Geser pada Sudetan Wonosari Sungai Bengawan Solo. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil/Maret 2017/289-296*.
- Syamsu, F. R., 2016. Landasan Teori Morfologi Sungai BAB III. 2016. <http://repository.umy.ac.id/bitstream/handle/123456789/7371/BAB%20III.pdf>

[?sequence=7&isAllowed=y](#) diakses pada tanggal 19 Februari 2018 Pukul 15.19 WIB.

Tampubolon, S. B., dan Suprayogi, S. 2017. Analisis Kebutuhan Air Untuk Pertanian di Daerah Irigasi Karangploso Kabupaten Bantul: *Jurnal Teknik Pengairan Universitas Negeri Yogyakarta*.

Van, T. C., Maidment, David, R. dan Larry, W. *Applied Hydrology (Mcgraw-Hill series in water resource and environmental engineering*. HLLCM: Milan.

Widyawarta. 2010. Sampling pengambilan sedimen Sungai. <https://widyawarta.wordpress.com/2010/07/03>. Diakses tanggal 20 Februari 2017 pukul 13.44.

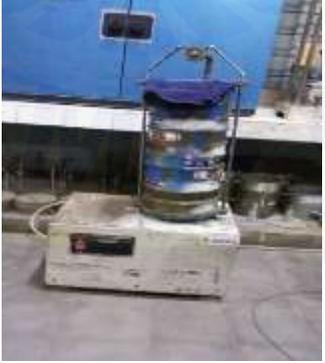
Wigati, R., Sudarsono., Cahyani I, R. 2016. Analisis Banjir Menggunakan Software HEC-RAS 4.1 (Studi kasus sub DAS Cisimeut hilir HM 0+00 sampai dengan HM 69+00) *Jurnal Fondasi vol.5 no.1 Universitas Sultas Agung Tirtayasa*.

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.

Zulhusni, A., F., Ikhsan, C., Suyanto. 2017. Analisis Distribusi Kecepatan Aliran pada Daerah Sudetan Wonosari Sungai Bengawan Solo. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil/Juni 2017/368-376*.

LAMPIRAN

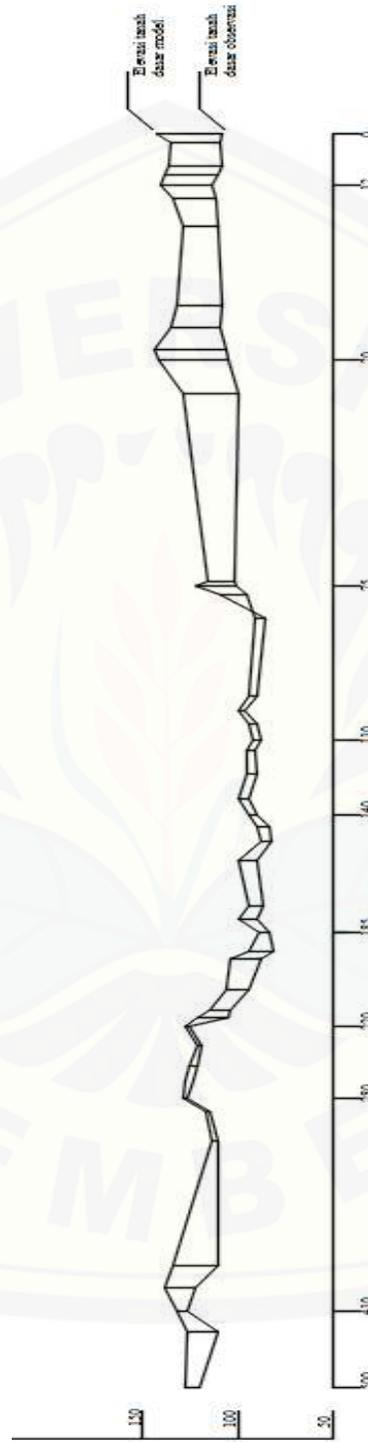
Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian

		
<p>Pengukuran profil saluran irigasi Rayap</p>	<p>Pengambilan sampel sedimen aliran irigasi Rayap</p>	<p>Pengukuran kecepatan aliran irigasi Rayap</p>
		
<p>Pengovenan sampel</p>	<p>Penghalusan sampel sedimen</p>	<p>Persiapan alat ayakan (Mesh)</p>
		
<p>Penimbangan berat akhir sampel</p>	<p>Pengayakan dengan vibrator</p>	<p>Penimbangan sampel sedimen tertinggal</p>

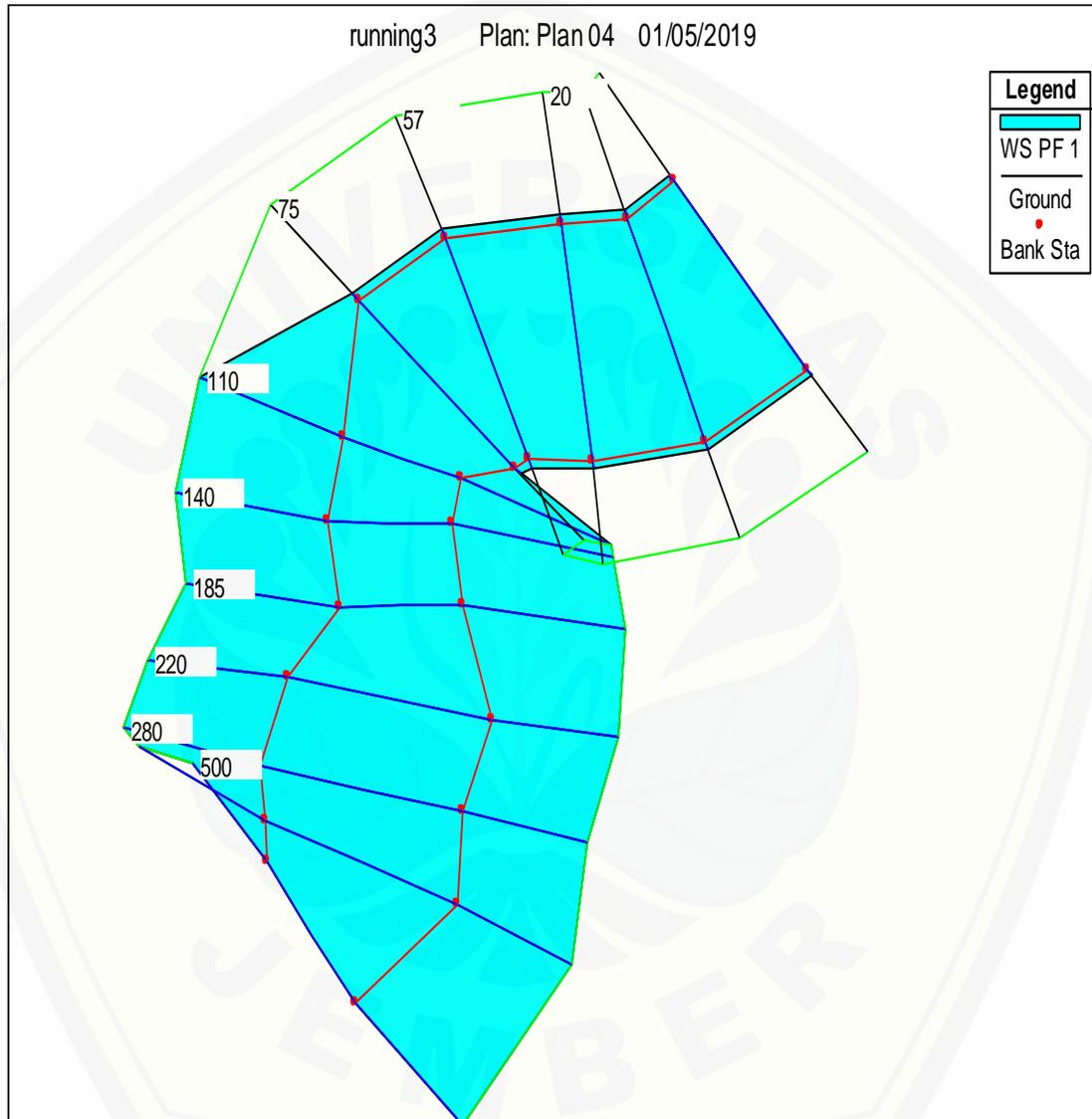
Lampiran 2. Profil Memanjang dan Agradasi Saluran



PROFIL MEMANJANG AGRADASI SALURAN
Skala 1:100



Lampiran 3. Hasil Output X-Y-Z Prespective Plot



Lampiran 4. Hasil *Output Sediment Spatial Plot*

